

APLIKASI EDIBLE COATING KARAGENAN DAN
ANTIMIKROBA UNTUK MEMPERPANJANG UMUR
SIMPAN BUAH TOMAT (*Lycopersicum esculentum*)

Penulis :

Lilik Pujantoro Eko Nugroho

Adetiya Rachman

Saut Imanuel

Fakultas Teknologi Pertanian

Institut Pertanian Bogor

Desember 2025

DAFTAR ISI

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan	3
1.4. Manfaat	3
1.5. Hipotesis	4

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umur Simpan Buah Tomat	4
2.2. Fungsi Edible Coating Karagenan Gliserol	6
2.3. Emulsifier Sukrosa Ester dan CMC	8
2.4. Antimikroba Zink Oksida dan Asam Askorbat	9

III. METODE

3.1. Waktu dan Tempat	11
3.2. Alat dan Bahan	11
3.3. Prosedur Kerja	12
3.4. Parameter dan Analisis Mutu	15
3.5. Rancangan Percobaan	18
3.6. Analisis Data	18

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Laju Respirasi	19
4.2. Derajat Keasaman (pH)	23
4.3. Aktivitas Air (aw)	26
4.4. Total Plate Count (TPC)	28
4.5. Susut Bobot	31
4.6. Kadar Air	34
4.7. Kekerasan	36
4.8. Warna	39
4.9. Vitamin C	44
4.10. Total Padatan Terlarut	47
4.11. Total Asam	49

V. SIMPULAN DAN SARAN

52

APLIKASI *EDIBLE COATING* KARAGENAN DAN ANTIMIKROBA UNTUK MEMPERPANJANG UMUR SIMPAN BUAH TOMAT (*Lycopersicum esculentum*)

Lilik Pujantoro Nugroho 1), Adetiya Rachman 2), Saut Imanuel 3)

1)Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University. Dramaga-Bogor, Indonesia.

2)Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Serpong, Banten,

3)Mahasiswa Pendidikan Sarjana Dep. Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University, Dramaga-Bogor, Indonesia.

ABSTRAK. Buah tomat (*Lycopersicum esculentum*) merupakan produk hortikultura yang memiliki banyak manfaat serta kaya akan vitamin, mineral, dan serat gizi. Tomat tergolong buah yang memiliki kadar air yang tinggi dan juga mudah terserang mikroorganisme perusak. Mikroorganisme perusak berupa kapang *Alternaria* penyebab penyakit bercak-bercak cokelat atau menghitam pada permukaan kulit tomat. Pemanfaatan *edible coating* karagenan dengan penambahan senyawa antimikroba diharapkan mampu menghambat perkembangan mikroorganisme dan memperpanjang umur simpan tomat. Penelitian ini bertujuan mengkaji dan menentukan efektifitas pengaruh aplikasi *edible coating* berbahan dasar karagenan dengan penambahan senyawa antimikroba terhadap mutu buah tomat selama penyimpanan. Tahap penelitian terdiri dari persiapan sampel, pembuatan larutan *coating*, pengaplikasian *coating*, dan pengamatan selama 28 hari. Jenis karagenan yang digunakan ialah Kappa-karagenan dengan penambahan antimikroba berupa asam askorbat ($C_6H_8O_6$) dan zink oksida (ZnO). Hasil penelitian menunjukkan perlakuan *coating* dengan penambahan senyawa antimikroba berupa asam askorbat (KGA) dan zink oksida (KGZ) merupakan perlakuan terbaik yang mampu mempertahankan parameter respirasi, pH, aktivitas air (a_w), susut bobot, kadar air, vitamin C, total padatan terlarut, total asam, kekerasan, dan intensitas warna pada hari ke-28. Hasil analisa *total plate count* (TPC) memiliki nilai yang sama pada hari ke-20 untuk perlakuan dengan penambahan antimikroba sebesar $3,4 \times 10^5$ koloni/g dengan ambang batas SNI sebesar 10^5 koloni/g dibandingkan dengan perlakuan tanpa *coating* yang bertahan selama 12 hari.

Keywords: ascorbic acid, coating, microorganism, tomato, zinc oxide

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tomat merupakan tanaman sayuran yang menjadi sumber vitamin, mineral dan serat gizi yang dibutuhkan masyarakat. Tanaman ini juga banyak ditemukan di Indonesia dan tumbuh subur baik di dataran rendah maupun dataran tinggi. Tomat tergolong produk hortikultura yang multifungsi, yaitu sebagai sayuran, buah, bumbu masak, minuman, bahan kosmetik, hingga obat-obatan (Rahmawati *et al.* 2011). Tomat dikenal sebagai tanaman yang kaya akan vitamin, antioksidan, dan

kadar air yang tinggi. Kadar air tomat tergolong tinggi mencapai 94% dari berat totalnya (Johansyah *et al.* 2014) sehingga kemungkinan besar mengalami kerusakan lebih cepat. Menurut Apriadi (2017), tomat umumnya adalah produk pertanian yang mudah rusak (*perishable*) yang dapat disebabkan karena kerusakan pascapanen buah. Berdasarkan Firdous *et al.* (2020) kerusakan pascapanen buah hortikultura seperti tomat akibat penanganan yang tidak tepat dapat diperkirakan antara 30% sampai dengan 60% dimana kerusakan secara fisik merupakan salah satu penyebab kerusakan tomat adapun kerusakan lain seperti mikrobiologi dan kimia.

Edible coating merupakan salah satu metode yang dapat menghambat kerusakan pascapanen pada tomat dengan melapisi permukaan kulit tomat dengan larutan *coating* agar menghambat terjadinya kerusakan selama masa simpan. Lapisan tipis dari larutan *coating* sebagai kemasan utama dari sebuah produk yang komponennya dapat dikonsumsi atau *edible*, berfungsi sebagai penghalang kehilangan kelembaban, gas, transpirasi, mengurangi respirasi, penebaran, menghambat perubahan warna selama penyimpanan, dan digunakan untuk meningkatkan tampilan luar dari produk buah dan sayuran (Hassan *et al.* 2018). Penerapan *edible coating* menjadi salah satu alternatif untuk mengurangi kerusakan pada produk, keunggulan *edible coating* adalah bersifat *biodegradable* dan penggunaan *edible coating* pada produk hortikultura bertujuan untuk memperpanjang umur simpan (Susilowati *et al.* 2017).

Edible coating dapat berasal dari campuran lipid, polisakarida, dan protein, yang berfungsi sebagai *barrier* uap air, gas, dan zat-zat terlarut lain serta berfungsi sebagai *carrier* (pembawa) berbagai macam senyawa penyusun seperti emulsifier, antimikroba dan antioksidan (Guarav dan Neha 2018). Polisakarida seperti pati, karagenan, selulosa, pektin, chitosan dan agar merupakan penyusun larutan *coating* sederhana yang bersifat hidrokoloid. Larutan *coating* berbahan dasar karagenan memiliki sifat yang baik untuk penghalang transpirasi dari gas, karagenan sendiri berasal dari rumput laut merah dan merupakan campuran dari beberapa polisakarida yang kompleks (Afifah *et al.* 2018). Hasil penelitian Rusli *et al.* (2017) pembuatan *edible film* dengan bahan dasar karagenan 3% dengan penambahan gliserol 10% menjadi formulasi perlakuan yang baik untuk membuat *edible film* yang bagus. Menurut Skurtys *et al.* (2010) keunggulan dari penggunaan karagenan ialah sifatnya yang baik untuk pembentukan lapisan tipis. Hasil penelitian Sari *et al.* (2015) penggunaan bahan karagenan 2,5% dan gliserol 2% pada buah stroberi yang disimpan pada suhu dingin menambah umur simpan stroberi selama 7 hari.

Penggunaan karagenan memiliki kekurangan yaitu rentan untuk terjadinya pecah-pecah atau rapuh saat larutan *coating* diaplikasikan kepada buah tomat oleh karena itu perlu adanya tambahan senyawa lain yaitu *plasticizer*. Bahan *plasticizer* ditambahkan untuk meningkatkan daya rekat larutan *coating* dan untuk mencegah retak film selama penanganan dan penyimpanan (Vieira *et al.* 2011). Salah satu *plasticizer* yang dapat digunakan adalah gliserol. Penambahan gliserol akan menghasilkan larutan *coating* yang lebih fleksibel dan halus (Sinaga *et al.* 2014). Namun, *edible coating* berbahan dasar karagenan dan gliserol tidak dapat memperlambat tumbuhnya mikroorganisme perusak yang akan merusak tomat. Mikroorganisme yang sering mengkontaminasi buah tomat adalah jenis kapang perusak yaitu *phoma*, *Alternaria*, *gleosporium* dan *physalospora* (Yuniastri *et al.* 2020). Jenis kapang *Alternaria* yang paling banyak menyerang pada tomat dengan

gejala terbentuk bercak-bercak coklat atau menghitam pada permukaan kulit tomat atau dikenal dengan istilah *Alternaria* rot (Chavan *et al.* 2017). Penyebabnya karena adanya degradasi atau hidrolisis makromolekul yang terkandung dalam tomat membuat molekul atau fraksi yang lebih kecil dan tak jarang juga disertai pembentukan toksin (Arini 2017).

Penambahan senyawa antimikroba berupa zink oksida dan asam askorbat diharapkan menjadi solusi untuk menghambat mikroorganisme yang ada di tomat. Menurut penelitian Ririn (2013) penambahan senyawa asam askorbat pada apel menjadi senyawa antimikroba alami yang dapat menghambat *browning* pada daging buah, asam askorbat juga merupakan senyawa yang mudah didapatkan, ekonomis dari segi harga dan tidak beracun. Penambahan zink oksida merupakan senyawa yang sudah banyak diaplikasikan pada bidang pangan karena sifatnya yang aman, mudah terurai, dan tahan pada suhu tinggi (Sabarisman *et al.* 2015). Beberapa penelitian menyebutkan zink oksida mempunyai aktivitas antimikroba seperti, *Staphylococcus aureus* dan *Bacillus cereus* (Awan *et al.* 2021). Menurut Meindrawan *et al.* (2018) penambahan ZnO 0,5% ke dalam formulasi karagenan 1% meningkatkan sifat antimikroba dan memperpanjang umur simpan buah mangga segar hingga 12 hari. Penelitian Purwanto dan Effendi (2016) perlakuan pencelupan pada larutan asam askorbat dan lidah buaya dapat mencegah terjadinya *browning* pada buah apel malang potong. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh aplikasi *edible coating* kombinasi karagenan dan antimikroba zink oksida dan asam askorbat sehingga dapat mempertahankan kualitas mutu dan meningkatkan daya simpan tomat.

1.2 Rumusan Masalah

Tingginya kandungan air yang ada di tomat menyebabkan produk hortikultura ini mudah rusak (*perishable*) sehingga menjadi permasalahan saat pascapanen. Memiliki respirasi sedang tetapi mudah terserang mikroorganisme perusak membuat masa umur simpan tomat singkat. Maka itu diperlukan perlakuan khusus untuk menambah daya umur simpan tomat agar tahan lebih lama. Aplikasi *edible coating* karagenan dan antimikroba untuk memperpanjang umur simpan tomat (*Lycopersicum esculentum*) diharapkan menjadi solusi untuk mempertahankan mutu serta meningkatkan daya simpan tomat.

1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan mengkaji dan menentukan efektifitas pengaruh aplikasi *edible coating* berbahan dasar karagenan dengan penambahan senyawa antimikroba terhadap mutu buah tomat selama penyimpanan.

1.4 Manfaat

Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu menjadi solusi untuk memperpanjang masa simpan tomat segar dengan menggunakan kombinasi larutan *edible coating* berbahan dasar karagenan dan gliserol dengan penambahan senyawa antimikroba.

1.5 Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini adalah adanya pengaruh penambahan bahan antimikroba ke dalam larutan *edible coating* akan menambah umur simpan buah tomat.

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umur Simpan Buah Tomat (*Lycopersicum esculentum*)

2.1.1 Mengenal Tanaman Tomat

Buah Tomat (*Lycopersicum esculentum*) merupakan salah satu produk hortikultura yang berpotensi, menyehatkan dan mempunyai minat pasar yang banyak. Buah tomat baik dalam bentuk segar maupun olahan, memiliki komposisi zat gizi yang cukup lengkap dan baik. Buah tomat terdiri dari 5-10% berat kering tanpa air dan 1 persen kulit dan biji. Tanaman ini berbentuk perdu atau semak dengan panjang bisa mencapai 2 meter. Tanaman tomat berdasarkan klasifikasinya termasuk (Kismaryanti 2007):

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisi	: Magnoliophyta
Ordo	: <i>Solanales</i>
Famili	: <i>Solanaceae</i>
Genus	: <i>Solanum</i>
Spesies	: <i>Solanum Lycopersium</i>
Nama Latin	: <i>Lycopersicum esculentum</i>

Ciri umum dari tanaman yang mempunyai banyak manfaat ini keseluruhan buahnya berdaging, banyak mengandung air, bentuk, warna, rasa, dan tekstur buah tomat sangat beragam (Kismaryanti 2007).

Tabel 1 Komposisi nilai gizi tomat (setiap 100 g tomat)

Kandungan Gizi	Tomat Segar
Kadar Air (%)	92.9
Kalori (kal)	24
Protein (g)	1.3
Lemak (g)	0.5
Karbohidrat (g)	4.7
Kalsium (mg)	8
Fosfor (mg)	77
Besi (mg)	0.6
Natrium (mg)	10
Vitamin B1 (mg)	0.06
Vitamin B2 (mg)	0.07
Vitamin C (mg)	34

Sumber : Tabel Komposisi Pangan Indonesia 2017

Tomat merupakan tanaman yang berumur pendek dan bisa hidup di dataran rendah maupun tinggi asal tanahnya tidak terlalu basah atau digenangi air. Tomat merupakan tanaman sayuran yang dapat memenuhi kebutuhan gizi dan vitamin pada manusia, vitamin dan mineral sangat berguna untuk mempertahankan kesehatan dan mencegah penyakit (Manurung 2015). Berikut komposisi nilai gizi yang ada di tomat pada Tabel 1.

2.1.2 Pascapanen Tomat

Layaknya komoditas sayuran lainnya, buah tomat akan mengalami kerusakan setelah panen. Kerusakan ini terutama disebabkan kelainan fisiologis, kerusakan mekanis serta gangguan hama dan penyakit (Nofriati *et al.* 2018). Berdasarkan hasil studi FAO (2013) potensi kehilangan mutu sayuran termasuk buah tomat selama penanganan pascapanen berkisar 30-50% dan setelah dipetik tomat masih terus melakukan proses respirasi dengan kadar air yang cukup tinggi berkisaran 75-95%. Tomat termasuk buah yang memiliki pola respirasi klimakterik, yaitu pola yang ditandai dengan terjadinya peningkatan laju respirasi dan produksi etilen secara cepat bersamaan dengan pemasakan (Nofriati *et al.* 2018). Pola klimakterik ini dimaksudkan apabila petani memanen tomat setelah matang sempurna (warna merah 90-100%) maka dapat dipastikan masa segar buah tomat sangat singkat, rentan dengan kerusakan fisiologis, dan kerusakan mekanik selama masa distribusi menuju pasar.

Umur buah tomat pada proses pascapanen bergantung dengan waktu panen yang mana jika tomat ditujukan untuk pasar terdekat maka akan dipanen saat masuk umur 65 HST. Apabila ditujukan untuk pemasaran jarak jauh sebaiknya tomat dipanen saat buah masih dalam keadaan hijau, yakni kurang lebih berkisar 4-7 hari sebelum warna tomat menjadi merah (Nofriati *et al.* 2018). Penyimpanan tomat secara umum dilakukan dengan tiga cara yaitu penyimpanan dengan lapisan penyimpanan dingin (suhu rendah), penyimpanan atmosfer terkendali (CAS), dan penyimpanan atmosfer termodifikasi (MAS) (Utama dan Nyoman 2013). Berdasarkan Maul (2000) suhu optimum untuk penyimpanan buah tomat adalah berkisar 10-15°C selama 21 hari. Ada pula pemberian kemasan seperti plastik *polyethylene* (PE), sterofoam, dan mika (*polypropylene*) tomat akan tahan selama 8 hari, sedangkan tanpa kemasan plastik tomat akan tahan selama 7 hari pada suhu ruang (Lila 2015).

Pada saat penyimpanan secara kontinu akan ada kontaminasi dari mikroorganisme karena adanya kontak dengan udara atau benda sekitarnya yang dapat mempercepat terjadinya proses pembusukan tomat. Jenis mikroorganisme sebagai kontaminan tomat adalah genus kapang perusak yaitu, *Phoma*, *Alternaria*, *Gleosporium*, dan *Physalospora* (Yuniastri *et al.* 2020). Jenis kapang *Alternaria* yang paling banyak menyerang pada tomat penyebab penyakit bercak cokelat. Menurut Gulzar *et al.* (2018), kehilangan hasil tahunan yang diakibatkan penyakit bercak cokelat dilaporkan mencapai 79% Amerika Serikat, Australia, Israel, Inggris dan India. Jamur ini dapat menyerang seluruh stadia pertumbuhan tanaman tomat. Kerusakan hasil karena serangan penyakit ini jika terkena pada buah tomat maka buah akan cepat rusak dan membusuk (Suganda *et al.* 2020).

2.2 Fungsi *Edible Coating* Karagenan dan Gliserol

Edible coating merupakan metode penanganan pascapanen dengan cara melapisi sebuah produk dengan lapisan tipis yaitu larutan *coating* yang dapat dimakan. Proses *coating* diketahui dapat mempertahankan stabilitas pangan dengan mengontrol perpindahan kelembaban, O₂, CO₂, lipid dan senyawa flavor antara produk dan lingkungan sekitarnya. *Edible coating* dengan karakteristik permeabilitas yang selektif terhadap O₂, CO₂ dan etilen dapat menahan laju respirasi buah dan menghambat pertumbuhan mikroorganisme (Abbasi *et al.* 2009). Umumnya, *edible coating* digunakan untuk memperpanjang umur simpan, mempertahankan kesegaran produk, meningkatkan keamanan pangan dan meningkatkan nilai jual serta meningkatkan kualitas produk pangan yang lebih tahan lama (Nayik *et al.* 2015). *Edible coating* juga dapat berfungsi sebagai penghambat uap air, lemak, dan gas serta dapat meningkatkan tekstur produk pangan. Selain itu, *edible coating* juga berfungsi sebagai pengikat warna, flavor, sumber gizi, dan bahan antioksidan serta antimikroba (Apriadi 2017).

Keuntungan lain yang tampak langsung dari *coating* adalah peningkatan kilap (*gloss*) buah serta memperbaiki penampilan buah sehingga lebih diterima oleh konsumen (Shahid dan Nadeem 2011). Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa *coating* terbukti dapat digunakan untuk mempertahankan kesegaran dan meningkatkan daya simpan produk hortikultura. Bahan yang dapat digunakan sebagai *coating* nabati umumnya yaitu polisakarida, protein, lipid, dan kombinasi bahan-bahan tersebut (Lestari 2008). Bahan polisakarida yang umum digunakan adalah selulosa, pati, pektin, karagenan, alginat, dan kitosan. Polisakarida merupakan bahan pelapis yang umum digunakan karena ketersediaan yang berlimpah dan mudah proses pembuatannya (Ermawati 2019).

2.2.1 Karagenan

Karagenan merupakan polisakarida yang diekstraksi dari beberapa spesies rumput laut atau alga merah (Ramasari *et al.* 2012) yang banyak digunakan dalam produk pangan dan industri karena kemampuannya dalam mengubah sifat fungsional produk yang diinginkan. Beberapa sifat fungsional karagenan dalam produk pangan diantaranya adalah sebagai pengemulsi, penstabil, pembentuk gel, dan penggumpalan. Karagenan mampu berperan sebagai bahan pengental dan memiliki kemampuan untuk membentuk gel dan *stabilizer* (penstabil) (Oktaviani 2021).

Tabel 2 Daya kelarutan karagenan pada berbagai media pelarut

Media	Kappa	Iota	Lamda
Air panas	Larut diatas 60°C	Larut diatas 60°C	Larut
Air dingin	Garam Na larut, garam K, Ca tidak larut tapi mengambang	Garam Na larut, garam Ca mendispersi thixo-tropik	Larut
Larutan gula pekat	Panas larut	Sukar larut	Larut
Larutan garam pekat	Tidak larut panas	Larut panas	Larut

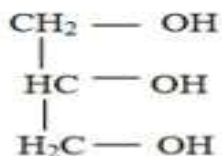
Sumber: Pujimulyani (2012)

Karagenan juga mempunyai sifat mengikat air (hidrofilik) sehingga mudah larut dengan sempurna serta sangat baik digunakan pada produk pangan yang siap makan karena mudah larut saat dikonsumsi (Oktaviani 2021). Ermawati (2019) menyatakan karagenan merupakan senyawa hidrokoloid yang terdiri dari tiga tipe yaitu kappa, iota, dan lamda, daya kelarutan karagenan pada berbagai media pelarut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tipe karagenan yang paling banyak digunakan adalah kappa karagenan. Salah satu sifat dari karagenan adalah mampu mengubah cairan menjadi padatan atau menjadi gel yang bersifat reversible hal inilah menyebabkan banyak yang menggunakan tepung karagenan, baik dalam industri pangan maupun industri non pangan (Tilaar *et al.* 2007). Kappa karagenan dan iota karagenan memiliki sifat *thermoreversible*. Pada kondisi panas, polimer karagenan berupa kumparan-kumparan acak yang teratur, sedangkan pada kondisi dingin polimer karagenan membentuk jaringan tiga dimensi berbentuk *double helix*. Pendinginan lebih lanjut akan menyebabkan terjadinya pengaturan rantai *double helix* sehingga akan membentuk struktur gel. Sifat khusus yaitu reaktivitasnya terhadap molekul protein, dapat membentuk gelasi, sedangkan lamda karagenan tidak memiliki kemampuan untuk tersebut (Pujimulyani 2012). Menurut Sari *et al.* (2015) Karagenan juga berpengaruh terhadap susut bobot buah stroberi. Buah stroberi yang diberikan *coating* karagenan dengan konsentrasi 2% memiliki nilai susut bobot yang lebih rendah yaitu sebesar 49% dibandingkan dengan susut bobot pada kontrol nilai susut bobotnya pada pengamatan terakhir yaitu sebesar 66.7%.

2.2.2 Gliserol

Gliserol merupakan salah satu *plasticizer* golongan polihidrik alkohol yang biasa digunakan dalam pembuatan larutan *coating*. Penggunaan *plasticizer* dari golongan polihidrik alkohol atau *polyol* diantaranya adalah gliserol dan sorbitol (Haryati 2017). Gliserol merupakan *plasticizer* yang ditambahkan dalam pembuatan larutan *edible* sehingga dapat menghasilkan *edible* yang lebih fleksibel dan halus. Gliserol mengandung molekul hidrofilik (mudah berikatan dengan air) yang relatif kecil dan mudah disisipkan di antara rantai polimer bahan dasar struktur molekul gliserol dapat dilihat pada Gambar 1. Kondisi tersebut menyebabkan modifikasi struktur molekul-molekul penyusun *edible*.



Gambar 1 Struktur molekul gliserol

Sumber : Ermawati 2019

Fungsi dari gliserol adalah menyerap air, agen pembentukan kristal, dan *plasticizer*. *Plasticizer* yang merupakan substansi dengan berat molekul rendah dapat masuk ke dalam matriks polimer dan polisakarida sehingga meningkatkan fleksibilitas *film* dan kemampuan pembentukan *film* (Bergo dan Sobral 2007). Molekul gliserol akan mengganggu kekompakan polimer-polimer bahan dasar

dengan menurunkan interaksi intermolekul dan meningkatkan mobilitas polimer sehingga memperbaiki fleksibilitas dan *extensibility* larutan *edible* (Afifah *et al.* 2017). Peningkatan konsentrasi gliserol berpengaruh pada meningkatnya daya larut *edible film*. Hal ini karena gliserol bersifat hidrofilik (Haryati 2017) sehingga dengan meningkatnya konsentrasi gliserol pada larutan film menyebabkan lemahnya interaksi antar molekul, kerapatan molekul menjadi berkurang dan terbentuk ruang bebas pada matriks film. Gliserol juga membantu kelarutan pati sehingga terbentuk ikatan hidrogen antara gugus OH pati dan gugus OH dari gliserol, yang meningkatkan sifat mekanik (Rusli *et al.* 2017).

Beberapa penelitian telah menunjukkan penambahan gliserol pada larutan karagenan mempengaruhi sifat mekanik suatu larutan *coating*, Sari *et al.* (2015) menunjukkan penambahan gliserol 1% pada larutan tapioka memiliki viskositas lebih rendah dibandingkan dengan gliserol 5%. Rudito (2005) menunjukkan meningkatnya konsentrasi gliserol meningkatkan nilai elongasi, Water Vapor Transmission Rate (WVTR), ketebalan film, dan kadar air namun menurunkan kuat tarik film. Sinaga *et al.* (2019) juga menunjukkan semakin besar gliserol yang dilarutkan maka semakin rendah kuat tariknya dan semakin baik elongasinya. Bertambahnya jumlah gliserol dalam campuran pati-air mengurangi nilai tegangan dan perpanjangan (*elongation*). Berdasarkan penelitian Rusli *et al.* (2017) penggunaan konsentrasi karagenan 3% dan gliserol 10% menghasilkan *edible film* dengan karakteristik terbaik dibanding konsentrasi lain yang diuji.

2.3 Emulsifier Sukrosa Ester dan CMC

Emulsifier atau surfaktan adalah zat yang digunakan untuk memudahkan pembuatan emulsi dan menstabilkan sebuah larutan. Emulsifier biasanya merupakan senyawa organik yang memiliki dua gugus, yaitu polar dan nonpolar, yang dapat berikatan dengan minyak dan air (Nurhayati dan Budiyanto 2016). Selama proses pencampuran, emulsifier mengabsorpsi permukaan minyak-air yang menyebabkan penurunan tegangan permukaan dan menyebabkan sistem emulsi stabil (Ramasari *et al.* 2012). Menurut Budiyanto *et al.* (2007) emulsifier juga bekerja membentuk film tipis di sekeliling droplet-droplet yang terdispersi. Sistem HLB (*Hidrophilic-Lipophilic Balance*) atau kesetimbangan sistem hidrofilik-lipofilik digunakan untuk menentukan jumlah bahan yang diemulsikan serta mencari emulsifier (tunggal atau kombinasi) yang cocok (Tadros 2013). Sistem ini memberikan pedoman untuk menentukan emulsifier yang dapat menstabilkan emulsi pada derajat yang diinginkan. Nilai HLB menjelaskan ukuran relatif dan kekuatan gugus hidrofilik dan lipofilik dalam emulsifier. Emulsifier yang bersifat lipofilik umumnya memiliki nilai HLB dibawah 9,0 sedangkan tipe emulsifier yang hidrofilik memiliki nilai HLB diatas 11,0. HLB besar mengindikasikan molekul emulsifier memiliki banyak gugus hidrofilik, memiliki sifat lebih hidrofilik dan substansinya larut air (Tadros 2013). Pemilihan jenis dan konsentrasi emulsifier berperan dalam keberhasilan pembentukan larutan *coating* yang homogen. Pada penelitian sebelumnya Budiyanto *et al.* (2007) penggunaan CMC 1% untuk emulsi lebih stabil dibanding konsentrasi lainnya. Menurut Teng *et al.* (2020) Penggunaan 1% sukrosa ester dapat menghambat pertumbuhan mikroba.

2.3.1 Sukrosa Ester

Sukrosa ester adalah senyawa organik yang dapat dihasilkan dari reaksi antara sukrosa dengan berbagai kelompok ester asam lemak. Menurut Aditha (2023), sukrosa ester termasuk ke dalam golongan senyawa aktif yang memiliki keunggulan yaitu larut pada air dingin, bersifat non-toksik, tidak berbau, tidak berasa, tidak mengiritasi kulit, dan tidak mencemari lingkungan. Oleh karena itu, sukrosa ester sering digunakan dalam produk pangan sebagai *emulsifier* dan *stabilizer* (Sukkary *et al.* 2007). Sukrosa ester dapat dikatakan sebagai emulsi yang baik karena terdiri dari sukrosa sebagai kelompok hidrofilik dan asam lemak sebagai kelompok lipofilik (Aditha 2023). Kelarutan sukrosa ester dalam air tergantung pada jumlah ester dan panjang rantainya, semakin pendek rantai asam lemak maka memiliki kelarutan yang lebih baik dalam air (Teng *et al.* 2020).

Kemampuan emulsifikasi dari sukrosa ester direkomendasi pada nilai HLB mulai dari rendah hingga nilai HLB yang tinggi, dimana nilai HLB sukrosa ester 17,3 membentuk tipe emulsi minyak dalam air (Szuts dan Szabó-révész 2012). Produk pangan yang menggunakan sukrosa ester memiliki kemampuan menghambat mikroba. Menurut Teng *et al.* (2020) Penggunaan 1% sukrosa ester dapat menghambat pertumbuhan mikroba seperti *Zygosaccharomyces bailii* serta dapat juga menghambat pembentukan spora *Bacillus cereus*.

2.3.2 CMC (*Carboxymethylcellulose*)

Carboxymethylcellulose (CMC) adalah polisakarida linear, dengan rantai panjang, dan larut dalam air panas atau dingin serta merupakan gum alami yang dimodifikasi secara kimia. Warnanya putih sampai krem, tidak berasa dan tidak berbau. Fungsi dasar CMC adalah untuk mengikat air atau memberi kekentalan pada fase cair sehingga dapat menstabilkan komponen lain dan mencegah sineresis (Niam 2009). CMC digunakan sebagai penstabil selain itu juga sebagai tambahan kadar serat pangan serta parameter kunci untuk mengontrol sifat untuk berbagai aplikasi adalah viskositas, tingkat substitusi, dan kelarutan air (Pangesti 2016).

Aplikasi pada industri makanan seperti pengental makanan dengan meningkatkan viskositas, dan sebagai lapisan yang dapat dimakan dengan meningkatkan sifat permukaan atau penghalang. Baldwin dan Wood (2006) berpendapat bahwa pelapisan berbasis CMC dapat memperpanjang umur simpan biji kemiri. CMC diterapkan terutama dalam makanan dan kosmetik karena memiliki viskositas tinggi, tidak beracun, non-alergi, memungkinkan pengikatan air, dan memiliki sifat penyerapan kelembaban (Pangesti 2016). Sumber selulosa yang paling umum untuk CMC komersial adalah dari pulp kayu (mengandung 40-50% selulosa) dan serat kapas (mengandung 90% selulosa) yang saat ini tidak disarankan karena biaya produksi dan meningkatnya masalah lingkungan (Singh and Singh 2012). Nilai dari HLB untuk CMC sebesar 12 membentuk tipe emulsi air (Tadros 2013).

2.4 Antimikroba Zink Oksida dan Asam Askorbat

Antimikroba merupakan senyawa biologis atau kimia yang bersifat dapat menghambat pertumbuhan mikroba (mikrostatik) atau membunuh mikroba (*microcidal*). Antimikroba dapat dibedakan berdasarkan mekanisme penghambatan dan tujuan pemakaiannya. Senyawa yang dapat membunuh mikroba antara lain

desinfektan, antiseptik, sterilizer, antibiotik, dan biosidal, sedangkan yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba antara lain antiseptik, sanitizer, antibiotik, dan pengawet (Syahidan 2009). Selama hidup mikroorganisme berusaha untuk menjaga pH internal (pHi) sitoplasma berada pada kisaran pH 6.5 hingga pH 7. Nilai pH internal sitoplasmik ini sangat dipengaruhi oleh pH lingkungan sel (Ray 2001). Jadi dapat disimpulkan pemberian senyawa antimikroba dengan sifat memiliki pH rendah akan mempengaruhi laju pertumbuhan mikroorganisme. Penambahan senyawa asam askorbat yang tergolong sebagai asam lemah dimana besar nilai pH berkisar 4 hingga 5 (Wulandari 2017), sedangkan untuk penggunaan senyawa zink oksida sebesar 0,5% dalam krim tabir surya menghasilkan krim dengan pH 4,82 (Tandi dan Novrianto 2017).

2.4.1 Zink Oksida

Zink oksida masuk dalam golongan nanopartikel yang merupakan dasar dari nanoteknologi, istilah bagi partikel yang memiliki dimensi kurang dari 100 nanometer. Berbagai macam bahan material yang tersusun atas nanopartikel dapat diubah menjadi bermacam-macam bentuk. Menurut penelitian Makhluif *et al.* (2005) hal ini disebabkan karena nanopartikel memiliki luas permukaan persatuan berat yang lebih besar dari pada lebar partikelnya, hal ini menyebabkan nanopartikel akan cenderung lebih reaktif terhadap molekul lain. Zink oksida (ZnO) banyak diaplikasikan pada bidang pangan karena sifatnya yang aman dimakan (*Generally Recognized as Safe*), mudah terurai menjadi ion-ion setelah masuk ke dalam tubuh dan tahan terhadap suhu tinggi (Sabarisman *et al.* 2015). Zink oksida merupakan sumber unsur Zn yang banyak diaplikasikan pada produk olahan makanan yang dapat membantu penambahan kecukupan gizi bahan pangan (Awan *et al.* 2021). Hasil penelitian Brayner *et al.* (2006) ZnO dapat digunakan untuk memperpanjang *shelf life* produk pangan dalam industri makanan, serta memiliki sifat anti mikroba yang dapat menghambat pertumbuhan atau membunuh berbagai macam patogen seperti *Streptococcus agalactiae* dan *Staphylococcus aureus*. Hasil penelitian Tang *et al.* (2008) patogenik yang melakukan kontak dengan zink oksida akan mengalami kerusakan akibat adanya degradasi sel, hasil ini menunjukkan bahwa sel-sel bakterisida rusak setelah kontak dengan zink oksida.

2.4.2 Asam Askorbat

Asam askorbat atau vitamin C merupakan salah satu asam organik yang berfungsi sebagai antioksidan alami pada tumbuhan. Menurut Almatsier (2011) asam askorbat dalam bentuk bubuk relatif stabil di udara serta mudah larut dalam air dan mudah rusak karena reaksi oksidasi terutama jika dipanaskan. Asam askorbat merupakan senyawa turunan karbohidrat yang mengandung senyawa (C₆H₈O₆) yang merupakan suatu nutrisi esensial untuk proses metabolisme. Penghambatan mikroba oleh asam askorbat disebabkan karena asam ini mampu menghambat pengangkutan karbohidrat, mengganggu fosforilasi oksidatif, dan dapat mencegah kerja enzim dehidrogenase mengoksidasi asam lemak (Winarno 2002). Konsentrasi efektif asam askorbat untuk menghambat mikroba pada sebagian besar makanan yaitu pada kisaran 0,02- 0,30% (Naidu 2003). Mekanisme kerja dari kelompok asam organik sebagai pengawet berdasarkan pada sifat membran sel mikroba yang permeabel terhadap bentuk asam tidak terdisosiasi. Inti sel mikroba memiliki pH yang netral dan apabila sitoplasma mempunyai pH basa

atau asam, maka akan terjadi gangguan pada organ-organ sel, sehingga metabolisme terhambat. Jika gangguan ini sampai merusak inti sel maka mikroba akan mati. Membran sel mikroba hanya permeabel terhadap molekul-molekul asam yang tidak terdisosiasi, sehingga untuk mendapatkan efektivitas yang tinggi dibutuhkan lingkungan yang asam (Wijaya *et al.* 2012).

III METODE

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan selama 5 bulan dimulai dari bulan Juni 2023 hingga Oktober 2023. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium lingkup Pusat Riset Agroindustri, Kawasan Sains dan Teknologi BJ Habibie. Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Serpong, Tangerang Selatan.

3.2 Alat dan Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah tomat segar dengan umur panen 60 HST (Hari Setelah Tanam) yang diperoleh dari kebun tomat di daerah Cianjur, Jawa Barat. Tomat yang digunakan dalam penelitian ini dipilih dalam keadaan yang seragam dilihat dari ukuran dan juga warna buah tomat dalam fase pecah warna dari hijau menjadi merah (*turning fase*).

Tabel 3 Alat yang digunakan beserta fungsinya

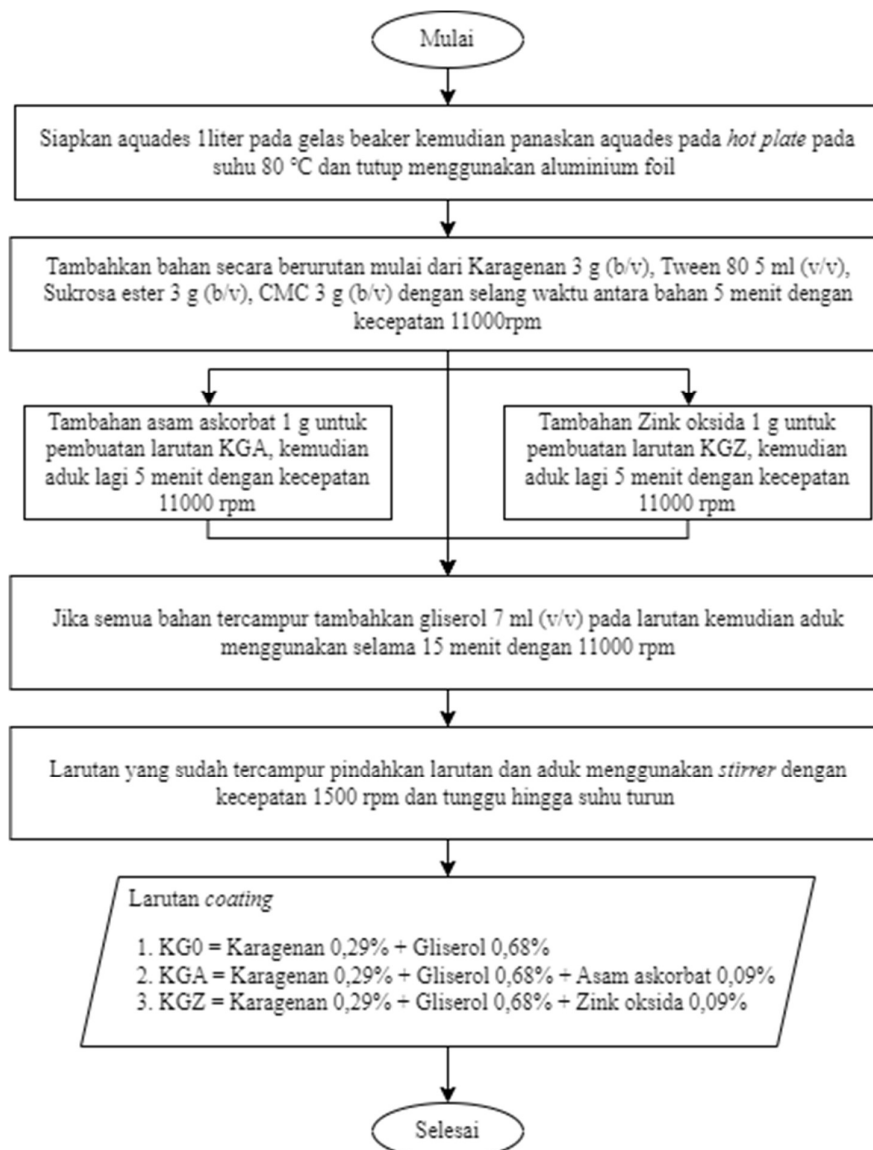
Alat	Fungsi
<i>Hot Plate</i>	Memanaskan larutan sesuai suhu yang diatur
<i>Stirrer / Magnetic Stirrer</i>	Mengaduk larutan
Timbangan analitik	Menimbang berat bahan atau sampel
pH meter PC 700	Mengukur pH dari suatu sampel
a_w meter AQUA LAB	Mengukur nilai a_w dari sampel yang diuji
Buret	Melakukan titrasi sampel dari larutan atau zat kimia
<i>Chromameter</i>	Mengukur nilai tingkat warna sampel
<i>Cawan Disposable</i>	Tempat pertumbuhan mikroba
<i>Homogenizer</i>	Pengaduk yang memiliki RPM lebih tinggi dari <i>Stirrer</i> biasa
Oven memmert	Oven yang dapat mengukur kadar air
Felix F-960 <i>Three Gas Analyzer</i>	Mengukur laju respirasi sampel
<i>Brix-Acidity meter</i>	Mengukur nilai TPT dan total asam pada sampel
<i>Autoclave</i>	Sterilisasi objek atau sampel yang akan digunakan
<i>Desikator</i>	Menghilangkan kelembaban dari suatu bahan atau zat
<i>Texture analyzer Stable Micro Systems</i>	Mengukur tingkat kekerasan sampel
Alat pendukung	Alat yang mendukung kegiatan selama penelitian

Bahan baku lain yang digunakan untuk membuat larutan *edible coating* kappa karagenan, gliserol, asam askorbat, zink oksida, Tween 80, CMC, sukrosa ester, dan aquades sebagai pelarut. Adapun, alat penelitian yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3 diatas.

3.3 Prosedur Kerja

3.3.1 Pembuatan Larutan *edible coating*

Proses pembuatan larutan *edible coating* dapat dilihat pada Gambar 2. Larutan *edible coating* yang telah dibuat dapat dilihat pada Lampiran 1.



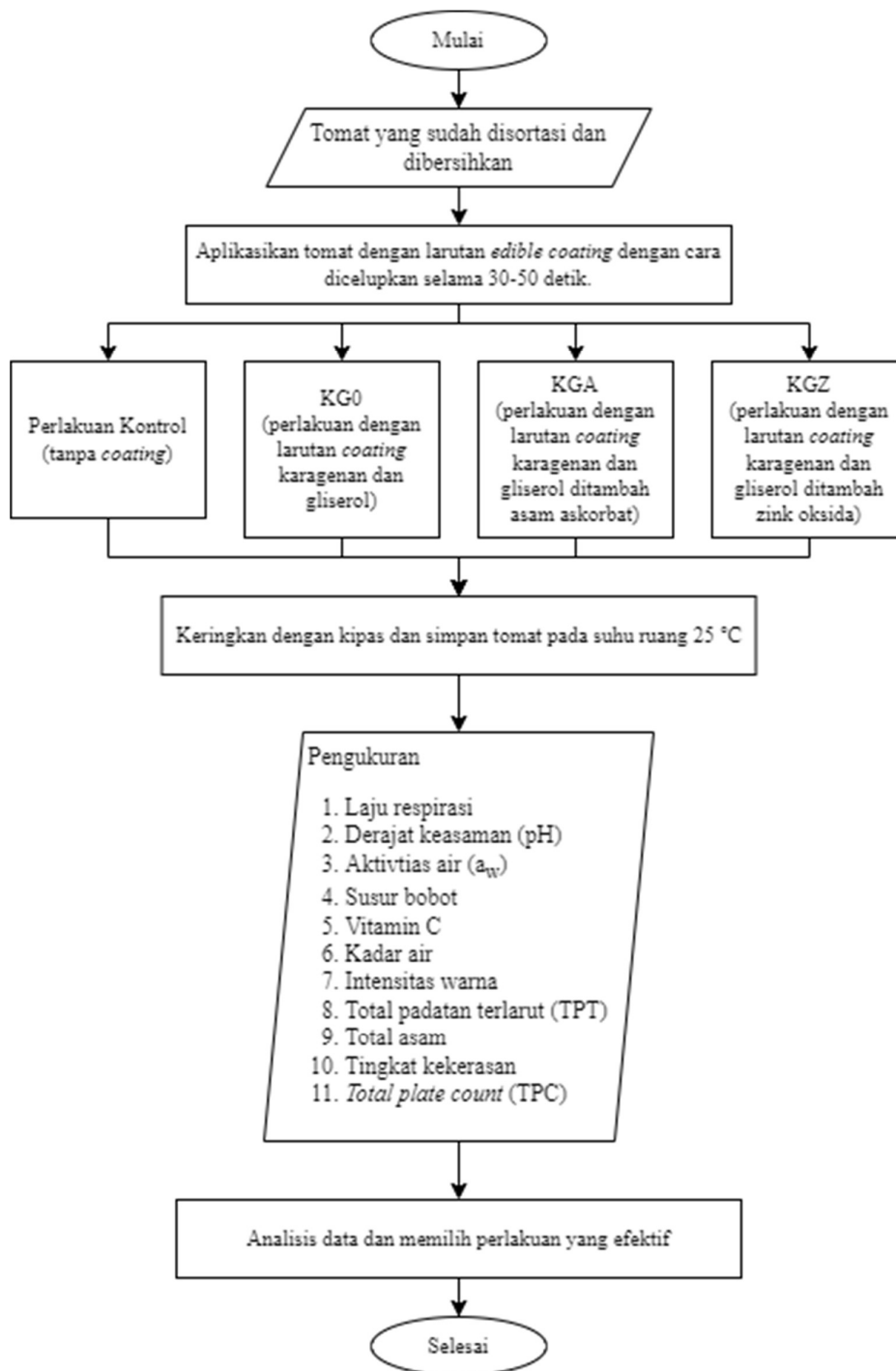
Gambar 2 Diagram pembuatan larutan *edible coating*

3.3.2 Persiapan Bahan Baku

Tomat yang digunakan didapat dari petani yang berada di Kecamatan Cipanas, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat. Tomat yang baru dipanen langsung dibawa ke lab untuk dilakukan sortasi dan pembersihan dari kotoran. Tomat digunakan pada penelitian ini adalah buah tomat yang sudah masuk dalam fase pecah warna dari hijau menjadi merah (*turning fase*). Tomat disortir sesuai syarat perlakuan seperti buah bebas dari penyakit, memiliki warna, dan ukuran yang sama. Kemudian buah dicuci menggunakan air dan cuci menggunakan sabun *food grade* (mama lemon) sikat agar kotoran yang menempel pada kulit buah hilang.

3.3.3 Pengaplikasian *Edible Coating*

Metode yang digunakan untuk mengaplikasikan larutan *edible coating* ke tomat adalah celup atau perendaman, metode celup atau perendaman merupakan metode umum yang biasanya digunakan untuk permukaan yang tidak rata (Siburian 2015). Pada metode ini, produk dicelupkan ke dalam larutan *edible coating* yang sudah dibuat lalu selama 30 – 50 detik lalu tiriskan. Tomat yang sudah dicelup dikeringkan dengan kipas hingga larutan *coating* mengering lalu pindahkan ke keranjang untuk disimpan pada suhu ruang 25 °C. Penyimpanan dilakukan selama 28 hari dimana setiap 4 hari dilakukan pengukuran. Selanjutnya dilakukan pengamatan dan pengukuran parameter mutu yaitu laju respirasi, susut bobot, intensitas warna, kadar air, vitamin C, kekerasan, total padatan terlarut, total asam, derajat keasaman (pH), aktivitas air (a_w), dan *Total Plate Count* (TPC). Proses pengaplikasian *edible coating* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram alir prosedur penelitian

3.4 Parameter dan Analisis Mutu

Penentuan parameter ditentukan berdasarkan sifat tomat yang memiliki pola respirasi klimakterik, yaitu pola yang ditandai dengan terjadinya peningkatan laju respirasi dan berdasarkan penelitian pendahulu tentang masa simpan tomat. Parameter pada penelitian ini terdiri dari parameter penyebab seperti laju respirasi, derajat keasaman (pH), dan aktivitas air (a_w). Serta parameter akibat berupa susut bobot, kadar air, intensitas warna, kekerasan, vitamin C, total padatan terlarut (TPT), total asam, dan *Total Plate Count* (TPC). Berikut penjelasan mengenai setiap parameter uji yang akan diukur selama masa simpan tomat.

3.4.1 Laju Respirasi

Pengukuran laju respirasi dilakukan dengan tujuan mengetahui pengaruh *coating* terhadap laju respirasi. Laju respirasi diukur dengan metode sistem tertutup. Sampel yang digunakan ditimbang lalu dimasukkan ke dalam toples ukuran 872,02 cm³ kemudian ditutup rapat pinggiran penutup diberi perekat agar tidak mengalami kebocoran. Sampel gas diambil setelah toples berisi sampel tomat dan dibiarkan tertutup selama 1 jam. Gas diambil menggunakan alat *three gas analyzer* dalam mode *trigger* dengan cara menusukkan jarum ke lubang yang ada di atas penutup lalu tekan tombol *scale* lalu lihat perubahan yang terjadi. Setelah pengukuran, toples dibiarkan terbuka. Cara yang sama dilakukan untuk mengukur periode berikutnya pada waktu yang sama. Menurut Hasbullah (2007) laju respirasi dihitung dengan Persamaan (1):

$$R = \frac{v}{w} \frac{dx}{dt} \quad (1)$$

Keterangan:

R = laju respirasi (ml kg⁻¹ jam⁻¹)

v = volume bebas respirasi (ml)

w = berat produk (kg)

$\frac{dx}{dt}$ = laju perubahan konsentrasi O₂ atau CO₂ (% jam⁻¹)

3.4.2 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) diukur menggunakan pH meter. Menurut Heri (2015) penggunaan pH meter harus dijaga agar elektroda tidak rusak, sebelum digunakan alat harus distandarisasi terlebih dahulu menggunakan larutan buffer pH 4. Sampel yang digunakan sama seperti vitamin C, sampel dimasukkan ke dalam gelas piala. Elektroda pH meter dicelupkan ke dalam sampel. Setelah itu, tunggu hingga nilai konstan 1-2 menit kemudian dilakukan pembacaan nilai pH.

3.4.3 Aktivitas Air (a_w)

Aktivitas air atau (a_w) adalah jumlah air bebas yang dapat digunakan oleh mikroba untuk pertumbuhannya. Sebagaimana diketahui, bahwa kandungan air suatu bahan tidak dapat digunakan sebagai indikator dalam menentukan ketahanan simpan. Menurut Arief *et al.* (2012) Air yang terkandung dalam bahan pangan, apabila terikat kuat dengan komponen bukan air lebih sukar digunakan baik untuk aktivitas metabolisme maupun aktivitas kimia hidrolitik. Pengukuran a_w dilakukan dengan alat a_w meter dengan cara tomat dihancurkan lalu diletakkan

pada probe bundar lalu dimasukkan ke dalam alat. Kemudian putar ke arah *measure* dan tunggu nilai a_w akan terlihat.

3.4.4 Susut Bobot

Susut bobot merupakan salah satu faktor yang mengindikasikan mutu dari tomat. Penentuan susut bobot dilakukan dengan mengukur bobot tomat setiap hari pengamatan. Susut bobot diukur berdasarkan persentase penurunan bobot bahan sejak awal sampai akhir perlakuan. Susut bobot diperoleh dengan membandingkan pengurangan bobot awal (W_0) dengan bobot perlakuan hari ke- i (W_i) terhadap bobot awal yang dinyatakan dalam persen (%). Berdasarkan penelitian Firdous *et al.* (2020) susut bobot tomat dihitung menggunakan Persamaan (2):

$$Sb = \frac{W - W_i}{W} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

- Sb = susut bobot (%)
 W = bobot awal (g)
 W_i = bobot akhir (g)

3.4.5 Vitamin C

Kandungan vitamin C diukur dengan melakukan titrasi menggunakan larutan Iodin 0,01 N dan indikator larutan amilum. Indikator amilum dibuat dengan melarutkan 1 gram amilum ke dalam 100 ml aquades yang dididihkan. Pengukuran kandungan vitamin C dilakukan dimulai dengan menghancurkan 25 gram tomat kemudian dicampur dengan aquades di labu takar 100 ml, setelah ditera lalu disaring. Hasil saringan diambil 25 ml dan diberi tiga tetes indikator larutan amilum kemudian dititrasi dengan iodin. Titrasi sampai terbentuk warna biru tua ke ungu an. Menurut Eldib *et al.* (2020) kandungan vitamin C dihitung menggunakan metode AOAC 967.21 dengan Persamaan (3):

$$\text{Vitamin C} = \frac{A \times 0,01 N \times fp \times BE}{w} \times 100 \quad (3)$$

Keterangan:

- Fp = faktor pengenceran (100 ml 25 ml⁻¹)
 BE = bobot ekuivalen asam askorbat
 A = ml Iodin
 w = Berat bobot (g)

3.4.6 Kadar Air

Kadar air merupakan petunjuk dari banyaknya air yang terkandung di dalam tomat. Kadar air ditentukan secara gravimetri dengan cara menimbang sampel tomat sebesar 5 gram lalu letakkan pada cawan yang sudah di oven kurang lebih 1 jam, selanjutnya cawan dan tomat dimasukkan ke dalam oven bersuhu 105 °C selama 24 jam. Setelah itu angkat cawan dan letakkan di desikator. Timbang cawan 1 jam sekali hingga berat konstan (Eki *et al.* 2021). Perhitungan nilai kadar air dengan Persamaan (4):

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

W₀ = massa sampel awal (g)

W₁ = massa sampel akhir (g)

3.4.7 Intensitas Warna

Warna pada tomat sangat berperan penting untuk menarik minat konsumen maka pengukuran warna sangat penting untuk dilakukan. Pengukuran menggunakan alat *chromameter* pada 3 titik pada tomat yaitu atas, tengah dan bawah dan dilakukan sebanyak 3 kali ulangan (Sugandi *et al.* 2015). Pengujian didasarkan pada nilai L a* b* dengan nilai L untuk tingkat kecerahan, a* untuk tingkatan warna hijau hingga merah, dan b* untuk tingkatan warna biru hingga kuning. Pengukuran dilakukan dengan menempatkan alat di atas permukaan tomat yang diuji warnanya. Alat diposisikan dengan benar agar cahaya *chromameter* mengenai bagian kulit buah tomat. Representasi warna dari nilai °hue dapat dilihat pada Gambar 13. Nilai °hue menunjukkan warna yang dominan antara campuran beberapa warna. Menurut Tan (2021), nilai °hue diperoleh dari Persamaan (5):

$$^{\circ}\text{Hue} = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (5)$$

Keterangan:

a* = warna merah (positif), warna hijau (negatif)

b* = warna kuning (positif), warna biru (negative)

3.4.8 Total Padatan Terlarut dan Total Asam

Total padatan terlarut diukur dengan menggunakan *brix-acid* meter yang telah diatur pada suhu ruang. Hancurkan sampel tomat. Ambil cairan dari tomat dan diletakkan pada *brix-acid* meter yang telah dibersihkan dengan aquades terlebih dahulu. Selanjutnya dibaca nilai total padatan terlarut dalam satuan °Brix mengacu pada Heri (2015). Pengukuran Total asam menggunakan alat yang sama seperti TPT pada kasus ini menggunakan *brix-acid* meter dengan cara timbang 1 gram bahan tomat yang sudah hancur lalu tambahkan 49 gram aquades sampai berat 50 gram aduk lalu ambil secukupnya dan baca pada alat mengacu pada Verawati *et al.* (2020).

3.4.9 Kekerasan

Pengukuran kekerasan buah dilakukan berdasarkan penelitian Firdous *et al.* (2020) dengan sedikit penyesuaian menggunakan alat *texture analyzer* yang dihubungkan ke perangkat komputer dan membuka aplikasi “Exponent lite” kemudian dilakukan setting ketinggian 70 mm dengan kecepatan 15 (m/sec) dengan diameter probe 5 mm kode P/5. Tingkat kekerasan daging tomat saat ditekan menunjukkan nilai dalam satuan gram/mm².

3.4.10 Total Plate Count (TPC)

Analisa TPC dengan SNI 2897:2008 dengan metode tuang. Persiapan sampel dilakukan dengan memotong kulit tomat sebanyak ± 5 g. Kulit tomat yang telah dipotong ditambahkan dengan garam fisiologis steril sebanyak ± 25

DAFTAR ISI

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan	3
1.4. Manfaat	3
1.5. Hipotesis	4

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umur Simpan Buah Tomat	4
2.2. Fungsi Edible Coating Karagenan Gliserol	6
2.3. Emulsifier Sukrosa Ester dan CMC	8
2.4. Antimikroba Zink Oksida dan Asam Askorbat	9

III. METODE

3.1. Waktu dan Tempat	11
3.2. Alat dan Bahan	11
3.3. Prosedur Kerja	12
3.4. Parameter dan Analisis Mutu	15
3.5. Rancangan Percobaan	18
3.6. Analisis Data	18

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Laju Respirasi	19
4.2. Derajat Keasaman (pH)	23
4.3. Aktivitas Air (aw)	26
4.4. Total Plate Count (TPC)	28
4.5. Susut Bobot	31
4.6. Kadar Air	34
4.7. Kekerasan	36
4.8. Warna	39
4.9. Vitamin C	44
4.10. Total Padatan Terlarut	47
4.11. Total Asam	49

V. SIMPULAN DAN SARAN

52

ml sebagai pengencer lalu kocok di labu takar dan pindahkan ke tempat steril. Tahap selanjutnya adalah pengenceran yang diuji dalam metode tuang adalah 10^{-3} dan 10^{-4} . Pencampuran antara sampel dengan media dilakukan dengan menuangkan ± 1 ml larutan hasil pengenceran pada cawan petri, kemudian ditambahkan dengan media PDA sebanyak ± 20 ml. Sampel dan media yang telah tercampur selanjutnya dibiarkan beku, kemudian disimpan di dalam inkubator (suhu $\pm 37^{\circ}\text{C}$, selama ± 48 jam). Tahap terakhir adalah penghitungan koloni yang tumbuh pada media. Perhitungan jumlah koloni ditunjukkan pada Persamaan (6).

$$TPC = P \frac{1}{n} \quad (6)$$

Keterangan :

P = Jumlah koloni

n = Faktor pengenceran

3.5 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan pada kombinasi antara larutan *coating* karagenan dan antimikroba pada *edible coating* tomat yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL). Rancangan Acak Lengkap dengan 1 faktor, yaitu faktor ada atau tidak adanya antimikroba pada larutan *coating*. Larutan *coating* akan ada 3 taraf (tanpa antimikroba, penambahan asam askorbat, penambahan zink oksida) dengan 3 kali pengulangan. Jumlah unit perlakuan adalah 3 kombinasi perlakuan *coating* dan satu kontrol dengan kode perlakuan yaitu:

KG0 = larutan *coating* karagenan dan gliserol

KGA = larutan *coating* karagenan dan gliserol tambahan asam askorbat

KGZ = larutan *coating* karagenan dan gliserol tambahan zink oksida

K = perlakuan tanpa coating

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_{ij} + \epsilon_{ij} \quad (7)$$

Keterangan:

Y_{ij} = respon setiap parameter yang diamati

μ = nilai rata-rata umum

α_i = pengaruh perlakuan ke- i

ϵ_{ij} = Pengaruh acak pada perlakuan ke- i , pada ulangan ke- j

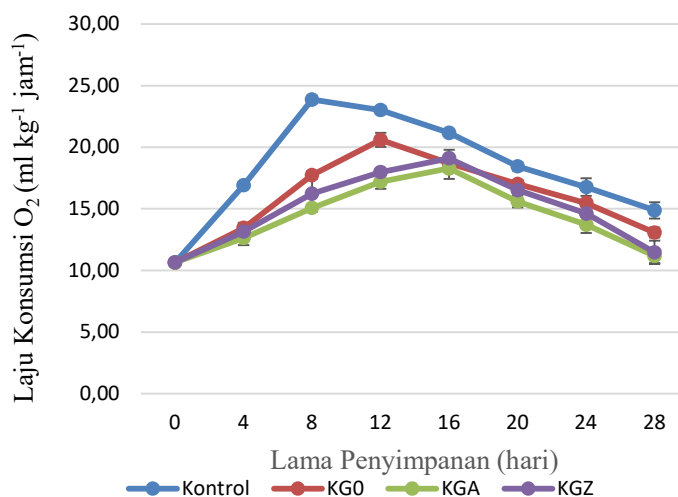
3.6 Analisis Data

Data yang diperoleh diolah secara statistik dengan *Analysis of Variance* (ANOVA) dengan metode *one way*, apabila perlakuan berpengaruh nyata terhadap hasil maka dilakukan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) dengan taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$). Analisis sidik ragam dan uji lanjut Duncan dilakukan dengan menggunakan *software* IBM SPSS 29.

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Laju Respirasi

Proses respirasi merupakan parameter yang sangat penting karena proses perombakan jaringan hidup dan menghasilkan energi yang akan membuat buah tomat menuju fase kematangan (Ahmad 2013). Proses respirasi dalam suatu bahan pangan ada beberapa senyawa penting yang dapat digunakan untuk mengukur laju respirasi adalah perubahan kandungan glukosa, jumlah ATP, CO₂ yang diproduksi dan O₂ yang dikonsumsi. Dari keempat cara tersebut, yang paling sederhana dan praktis untuk mengukur laju respirasi ialah menghitung produksi CO₂ dan konsumsi O₂ (Hasbullah 2007). Terdapat dua metode dalam pengambilan sampel gas laju respirasi, yaitu sistem terbuka atau tertutup. Pengukuran laju respirasi akan menggunakan metode tertutup dengan alat *three gas analyzer*. Tomat merupakan produk hortikultura yang termasuk buah klimakterik yang mana nilai laju respirasinya akan meningkat sejalan proses laju pematangannya dan lebih mudah dikendalikan sebab bisa dipanen sebelum matang sehingga sampai ketangan konsumen masih segar. Menurut Utama dan Antara (2013) laju respirasi pada buah klimakterik akan meningkat ketika buah mulai memasuki fase pematangan dan menurun setelah fase pematangan. Fase pematangan pada tomat sangat berpengaruh dari laju respirasi yang mengubah warna tomat dari hijau menjadi merah melalui mekanisme degradasi klorofil, meningkatnya kadar glukosa melalui pemecahan zat pati (tepung), perubahan derajat keasaman, serta terbentuknya aroma pada buah (Bapat *et al.* 2010). Perubahan laju respirasi tomat dapat diperoleh dari jumlah produksi CO₂ dan laju konsumsi O₂ selama penyimpanan yang dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4 Laju konsumsi O₂ tomat selama masa simpan

Berdasarkan hasil Gambar 4 menunjukkan laju konsumsi O₂ pada tomat rata-rata meningkat saat fase pematangan dan menurun setelahnya. Pada grafik menunjukkan peningkatan langsung dari hari ke-4, hasilnya kontrol memiliki rata-

rata kenaikan yang paling tinggi. Sedangkan, tomat yang memiliki lapisan *coating* karagenan memiliki laju respirasi yang lebih rendah, ini bisa dilihat dari persebaran puncak laju respirasi. Puncak fase kematangan dari tomat dengan perlakuan sebagai kontrol memiliki puncak pada hari ke-8 dengan nilai sebesar $23,87 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{jam}^{-1}$, sedangkan tomat dengan perlakuan yang diberikan perlakuan *coating* karagenan memiliki puncak di hari ke-12 sebesar $20,59 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{jam}^{-1}$. Penambahan senyawa antimikroba rupanya membuat perlakuan KGA dan KGZ memiliki puncak yang sama pada hari ke-16 dengan nilai berturut-turut sebesar $18,28 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{jam}^{-1}$ dan $19,10 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{jam}^{-1}$. Penambahan *aloe vera* dengan konsentrasi 50% pada tomat ceri dengan laju konsumsi O_2 sampai pada hari ke-14 sebesar $22,04 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{jam}^{-1}$ (Apriadi 2017). Hasil penelitian Sabarisman *et al.* (2015) aplikasi *nano coating* berbasis pektin 1% dan zink oksida 2% mampu mempertahankan laju respirasi dari salak pondoh walau tidak jauh berbeda nyata dengan kontrol dikarenakan hasil lapisan yang masih tipis. Formulasi dari kitosan 1% dan asam askorbat 1% sebagai *edible coating* untuk stroberi dapat mempertahankan laju respirasi pada hari ke-15 sebesar 0,47% untuk laju produksi O_2 dan konsumsi CO_2 0,4% (Saleem *et al.* 2021). Sehingga penambahan senyawa antimikroba berupa asam askorbat dan zink oksida bisa disimpulkan memiliki hasil yang baik untuk menahan laju konsumsi O_2 maupun produksi CO_2 pada tomat. Hasil uji ANOVA dapat dilihat pada Tabel 4 menunjukkan bahwa hasil data terlihat berbeda nyata terhadap laju konsumsi O_2 yang dapat dilihat pada hari ke-4 hingga ke-16 dan ke-24 dan ke-28.

Tabel 4 Hasil analisis sidik ragam (ANOVA) tomat pada parameter laju konsumsi O_2

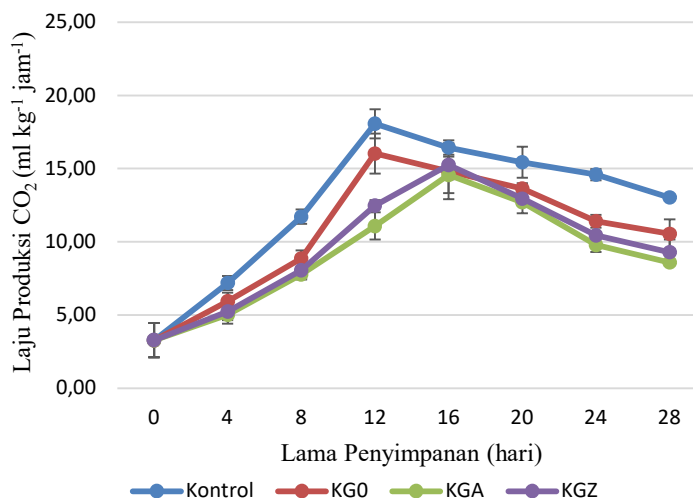
Day	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
H0	Between Groups	0,000	3	000	0	1,000
	Within Groups	0,003	8	000		
	Total	0,003	11			
H4	Between Groups	34,286	3	11,429	51,207	<,001
	Within Groups	1,785	8	0,223		
	Total	36,071	11			
H8	Between Groups	138,306	3	46,102	78,765	<,001
	Within Groups	4,682	8	0,585		
	Total	142,989	11			
H12	Between Groups	63,184	3	21,061	105,76	<,001
	Within Groups	1,593	8	0,199	6	
	Total	64,777	11			
H16	Between Groups	12,501	3	4,167	12,074	0,002
	Within Groups	2,761	8	0,345		
	Total	15,262	11			
H20	Between Groups	12,720	3	4,240	1,741	0,236
	Within Groups	19,487	8	2,436		
	Total	32,207	11			
H24	Between Groups	15,202	3	5,067	15,500	0,001
	Within Groups	2,615	8	0,327		
	Total	17,817	11			
H28	Between Groups	26,373	3	8,791	19,373	<,001
	Within Groups	3,630	8	0,454		
	Total	30,003	11			

Hasil Tabel 5 menunjukkan hasil uji DMRT laju konsumsi O_2 yang dapat dikatakan penambahan karagenan dalam larutan *coating* memiliki perbedaan dengan kontrol. Perlakuan KG0 yang tidak ditambahkan senyawa antimikroba memiliki rata-rata yang lebih tinggi dari KGA dan KGZ. Hasil ini menunjukkan adanya pengaruh penambahan senyawa antimikroba pada larutan *coating* karagenan kepada laju konsumsi O_2 . Namun, tidak terdapat perbedaan signifikan antara perlakuan KGA dan KGZ selama masa simpan.

Tabel 5 Hasil uji DMRT laju konsumsi O_2 selama masa simpan

Lama Penyimpanan	Kontrol	KG0	KGA	KGZ
H0	10,64±0,03 ^a	10,64±0,03 ^a	10,64±0,03 ^a	10,64±0,03 ^a
H4	16,91± 0,13 ^b	13,44± 0,43 ^a	12,62± 0,57 ^a	13,13± 0,40 ^a
H8	23,87± 0,32 ^c	17,74± 0,32 ^b	15,07± 0,22 ^a	16,21± 1,44 ^a
H12	23,02± 0,30 ^c	20,59± 0,58 ^b	17,19± 0,56 ^a	17,98± 0,24 ^a
H16	21,15± 0,24 ^b	18,69± 0,18 ^a	18,28± 0,86 ^a	19,10± 0,69 ^a
H20	18,44± 0,34 ^b	17,02± 0,34 ^a	15,59± 0,48 ^a	16,51± 0,78 ^a
H24	16,77± 0,72 ^c	15,46± 0,02 ^b	13,71± 0,68 ^a	14,61± 0,56 ^{ab}
H28	14,88± 0,66 ^c	13,08± 0,38 ^b	11,15± 0,56 ^a	11,44± 0,95 ^{ab}

Keterangan: a,b = nota huruf pada baris yang sama serupa berarti tidak ada perbedaan nyata pada uji Duncan dengan tingkat nilai kepercayaan 5%
 KG0 = Karagenan dan gliserol
 KGA = Karagenan dan gliserol tambah Asam askorbat
 KGZ = Karagenan dan gliserol tambah Zink oksida



Gambar 5 Laju produksi CO₂ tomat selama masa simpan

Gambar 5 menunjukkan laju produksi CO₂ tomat selama masa penyimpanan. Berdasarkan Gambar 5 laju produksi CO₂ mengalami peningkatan pada semua perlakuan dari hari ke-0 sampai hari ke-12 untuk kontrol dan KG0 dan mengalami penurunan setelah mencapai nilai puncak. Sedangkan untuk KGA dan KGZ kenaikan berhenti pada hari ke-16. Setelah itu laju produksi CO₂ mengalami penurunan. Hal ini dapat terjadi, disebabkan buah tomat merupakan buah klimakterik yang akan mengalami kenaikan produksi CO₂ sebelum fase

kematangan dan setelah itu akan mengalami penurunan selama masa simpan (Apriadi 2017). Nilai laju produksi CO₂ yang rata-ratanya tertinggi adalah kontrol dengan nilai sebesar 18,06 ml.kg⁻¹.jam⁻¹ pada puncaknya di hari ke-12 dan di hari yang sama puncak dari KG0 dengan nilai 16,03 ml.kg⁻¹.jam⁻¹ walau pada hari yang sama KG0 memiliki nilai laju produksi CO₂ lebih kecil dari kontrol. Tomat dengan perlakuan *coating* karagenan dengan penambahan senyawa antimikroba memiliki rata-rata laju produksi CO₂ yang kecil dan memiliki hari puncak yang sama pada hari ke-16. KGA dengan nilai sebesar 14,58 ml.kg⁻¹.jam⁻¹ dan KGZ dengan nilai sebesar 15,25 ml.kg⁻¹.jam⁻¹. Penambahan *aloe vera* dengan konsentrasi 50% pada tomat ceri memberikan laju produksi CO₂ sebesar 31,11 ml.kg⁻¹.jam⁻¹ pada hari ke-14 (Apriadi 2017). Hasil penelitian Rudito (2005) perlakuan gelatin 14% dan asam sitrat 0,9% sebagai *edible coating* untuk tomat pada hari ke-15 nilai laju produksi CO₂ 21 ml.kg⁻¹.jam⁻¹. Sehingga penambahan karagenan dengan penambahan senyawa antimikroba bisa disimpulkan memiliki hasil lebih baik untuk menahan laju produksi CO₂ pada tomat. Hasil uji ANOVA dapat dilihat pada Tabel 6 menunjukkan bahwa hasil data terlihat berbeda nyata terhadap laju produksi CO₂ yang dapat dilihat menunjukkan perbedaannya nyata pada hari ke-4 hingga ke-12 dan hari ke-20 hingga ke-28.

Tabel 6 Hasil analisis sidik ragam (ANOVA) tomat pada parameter laju konsumsi CO₂

Day	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
H0	Between	0,000	3	0,000	0,000	1,000
	Groups	5,445	8	0,681		
	Within Groups	5,445	11			
H4	Total				8,113	0,008
	Between	8,641	3	2,880		
	Groups Within	2,840	8	0,355		
H8	Groups Total	11,481	11		36,763	<,001
	Between	29,398	3	9,799		
	Groups Within	2,132	8	0,267		
H12	Groups Total	31,530	11		26,598	<,001
	Between	92,316	3	30,772		
	Groups Within	9,255	8	1,157		
H16	Groups Total	101,572	11		3,805	0,058
	Between	6,167	3	2,056		
	Groups Within	4,322	8	0,540		
H20	Groups Total	10,489	11		6,660	0,014
	Between	13,827	3	4,609		
	Groups Within	5,536	8	0,629		
H24	Groups Total	19,364	11		73,669	<,001
	Between	40,781	3	13,594		
	Groups Within	1,476	8	0,85		
H28	Groups Total	42,257	11		25,326	<,001
	Between	34,396	3	11,465		
	Groups Within	3,622	8	0,453		
	Groups Total	38,018	11			

Hasil Tabel 7 menunjukkan hasil uji DMRT perlakuan *coating* karagenan dengan penambahan senyawa antimikroba terhadap perubahan laju produksi CO₂ pada tomat. Berdasarkan data tersebut untuk perlakuan *coating* karagenan dengan penambahan senyawa antimikroba memiliki perbedaan dengan perlakuan kontrol dan KG0. Namun, tidak ada perbedaan yang signifikan antara perlakuan KGA dan KGZ dalam laju produksi CO₂. Hal ini menunjukkan penambahan antimikroba yang berbeda pada perlakuan tidak memiliki pengaruh yang signifikan pada laju produksi CO₂ di tomat.

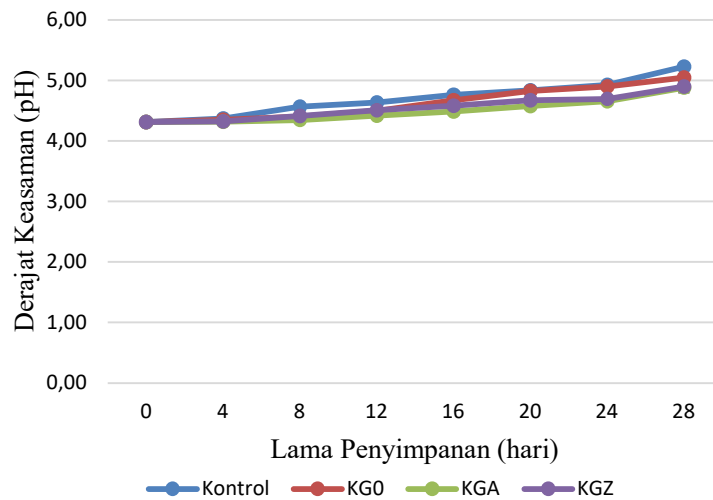
Tabel 7 Hasil uji DMRT laju produksi CO₂ selama masa simpan

Lama Penyimpanan	Kontrol	KG0	KGA	KGZ
H0	3,28± 1,17 ^a	3,28± 1,17 ^a	3,28± 1,17 ^a	3,28± 1,17 ^a
H4	7,19± 0,48 ^b	5,94± 0,58 ^a	5,01± 0,61 ^a	5,23± 0,68 ^a
H8	11,72± 0,49 ^c	8,86± 0,56 ^b	7,76± 0,34 ^a	8,06± 0,63 ^{ab}
H12	18,06± 1,01 ^c	16,03± 1,37 ^{bc}	11,08± 0,93 ^a	12,48± 0,36 ^a
H16	16,44± 0,50 ^b	14,82± 1,92 ^{ab}	14,58± 0,32 ^a	15,25± 0,69 ^{ab}
H20	15,44± 1,36 ^b	13,62± 0,38 ^a	12,70± 0,75 ^a	12,94± 0,46 ^a
H24	14,59± 0,38 ^c	11,40± 0,44 ^b	9,79± 0,49 ^a	10,44± 0,87 ^{ab}
H28	13,04± 0,11 ^c	10,53± 1,01 ^b	8,59± 0,06 ^a	9,29± 0,88 ^{ab}

Keterangan: a,b = nota huruf pada baris yang sama serupa berarti tidak ada perbedaan nyata pada uji Duncan dengan tingkat nilai kepercayaan 5%
 KG0 = Karagenan dan gliserol
 KGA = Karagenan dan gliserol tambah Asam askorbat
 KGZ = Karagenan dan gliserol tambah Zink oksida

4.2 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu parameter yang nilainya dapat memicu produksi asam organik yang terbentuk pada suatu bahan, dalam beberapa kondisi pH berpengaruh terhadap aktivitas dan stabilitas makromolekul seperti enzim, sehingga menghambat pertumbuhan dan metabolisme mikroorganisme (Santoso dan Afrianto 2017). Derajat keasaman digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau basa benda, dikarenakan buah biasanya memiliki pH rendah (asam) jika dibandingkan dengan sayuran yang rata-rata pH nya tinggi (basa). Berdasarkan penelitian Angelia (2017) tomat segar memiliki pH sebesar 4,64 saat masuk fase pematangan. Fase pematangan buah tomat sangat dipengaruhi oleh laju respirasi maka dari itu kenaikan pH akan sejalan dengan laju respirasi. Menurut Rahmawati *et al.* (2011) selama penyimpanan tomat nilai pH akan mengalami kenaikan yang disebabkan perombakan akibat proses kinase menjadi netral akibat laju respirasi dan gas etilen. Perubahan pH pada tomat selama masa simpan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Perubahan derajat keasaman (pH) selama masa simpan

Gambar 6 menunjukkan perubahan pH selama masa simpan, perubahan pH mengalami kenaikan pada semua perlakuan dari hari ke-4 sampai hari ke-28, perlakuan kontrol mengalami kenaikan pH yang paling besar dengan nilai pada hari ke-28 sebesar 5,22 dan untuk perlakuan dengan penambahan *coating* karagenan memiliki nilai pH lebih kecil pada hari ke-28 sebesar 5,04. Sedangkan nilai pH untuk perlakuan dengan tambahan senyawa antimikroba memiliki nilai yang hampir sama besar yaitu 4,88 untuk KGZ dan 4,90 untuk KGO pada hari ke-28. Penambahan senyawa antimikroba seperti asam askorbat dan zink oksida pada larutan *coating* dapat membantu untuk menjaga pH tomat, hal itu dikarenakan penambahan senyawa antimikroba dapat membantu menahan perubahan senyawa asam organik yang berfungsi sebagai antioksidan alami menjadi gula sederhana (Heri 2015). Hasil penelitian Heri (2015) formulasi *coating* zink oksida 0,5% dan karagenan 0,8% membuat stroberi mempunyai nilai pH pada hari penyimpanan ke-10 sebesar 3,58. Hasil penelitian Sulasmi *et al.* (2021) formulasi *coating* gel lidah buaya dengan asam askorbat 3% dan kalium sorbat 0,2% menahan nilai pH buah melon potong pada hari ke-14 sebesar 5,06 %. Dapat disimpulkan penambahan senyawa antimikroba berupa asam askorbat dan zink oksida menjadi perlakuan yang baik untuk mempertahankan nilai pH pada tomat segar. Berikut hasil uji ANOVA pada Tabel 8 menunjukkan bahwa perlakuan *coating* karagenan dengan penambahan senyawa antimikroba berbeda nyata terhadap perubahan dari derajat keasaman pada hari ke-4 hingga ke-28.

Tabel 8 Hasil analisis sidik ragam (ANOVA) tomat pada parameter nilai derajat keasaman (pH)

<i>Day</i>	<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
H0	<i>Between Groups</i>	0,000	3	0,000	0,000	1,000
	<i>Within Groups</i>	0,010	8	0,001		
	<i>Total</i>	0,010	11			
H4	<i>Between Groups</i>	0,006	3	0,002	4,236	0,046
	<i>Within Groups</i>	0,004	8	0,000		
	<i>Total</i>	0,009	11			
H8	<i>Between Groups</i>	0,080	3	0,027	48,586	<,001
	<i>Within Groups</i>	0,004	8	0,001		
	<i>Total</i>	0,085	11			
H12	<i>Between Groups</i>	0,073	3	0,024	36,738	<,001
	<i>Within Groups</i>	0,005	8	0,001		
	<i>Total</i>	0,078	11			
H16	<i>Between Groups</i>	0,132	3	0,044	58,500	0,058
	<i>Within Groups</i>	0,006	8	0,001		
	<i>Total</i>	0,138	11			
H20	<i>Between Groups</i>	0,142	3	0,047	45,175	0,014
	<i>Within Groups</i>	0,008	8	0,001		
	<i>Total</i>	0,151	11			
H24	<i>Between Groups</i>	0,174	3	0,058	61,155	<,001
	<i>Within Groups</i>	0,008	8	0,001		
	<i>Total</i>	0,182	11			
H28	<i>Between Groups</i>	0,232	3	0,077	23,829	<,001
	<i>Within Groups</i>	0,026	8	0,003		
	<i>Total</i>	0,258	11			

Hasil uji DMRT pada dilihat Tabel 9 menunjukkan perbedaan pada setiap perlakuan yang diuji, berbeda dengan parameter lainnya pada parameter derajat keasaman. Perlakuan KGA menjadi perlakuan yang dapat menahan kenaikan pH lebih baik dari perlakuan lainnya. Hal ini dapat terjadi disebabkan penambahan asam askorbat pada larutan *coating* KGA memiliki pH yang asam, menurut Wulandari (2017) pH dari senyawa asam askorbat berkisaran 4 - 5. Namun, tidak terlalu berpengaruh jika dibandingkan dengan KGZ karena hasil angka deviasinya tidak terlalu jauh dan masih berhimpitan.

Tabel 9 Hasil uji DMRT perubahan derajat keasaman (pH)

Lama Penyimpanan	Kontrol	KG0	KGA	KGZ
H0	4,31± 0,04 ^a	4,31± 0,04 ^a	4,31± 0,04 ^a	4,31± 0,04 ^a
H4	4,37± 0,01 ^b	4,35± 0,01 ^{ab}	4,31± 0,03 ^a	4,32± 0,02 ^a
H8	4,56± 0,01 ^c	4,40± 0,02 ^b	4,34± 0,02 ^a	4,41± 0,02 ^b
H12	4,63± 0,01 ^c	4,49± 0,03 ^b	4,41± 0,01 ^a	4,50± 0,03 ^b
H16	4,76± 0,03 ^d	4,67± 0,02 ^c	4,48± 0,02 ^a	4,58± 0,02 ^b
H20	4,83± 0,03 ^c	4,82± 0,02 ^c	4,57± 0,03 ^a	4,67± 0,03 ^b
H24	4,92± 0,02 ^b	4,90± 0,05 ^b	4,65± 0,02 ^a	4,69± 0,01 ^a
H28	5,22± 0,02 ^c	5,04± 0,04 ^b	4,88± 0,02 ^a	4,90± 0,10 ^{ab}

Keterangan: a,b = nota huruf pada baris yang sama serupa berarti tidak ada perbedaan nyata pada uji Duncan dengan tingkat nilai kepercayaan 5%

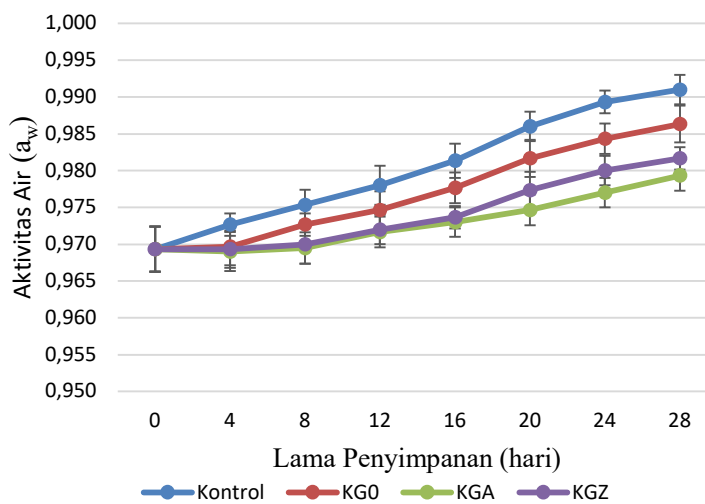
KG0 = Karagenan dan gliserol

KGA= Karagenan dan gliserol tambah Asam askorbat

KGZ= Karagenan dan gliserol tambah Zink oksida

4.3 Aktivitas Air (a_w)

Aktivitas air (a_w) mengartikan derajat aktivitas air dalam bahan pangan, baik secara kimia dan biologis, aktivitas air juga menentukan kualitas dari suatu bahan dan waktu simpannya (Popescu *et al.* 2022). Menurut Belitz *et al.* (2009), kisaran nilai aktivitas air antara 0 -1, artinya semakin besar nilai aktivitas air maka semakin kecil daya tahan produk begitu pula sebaliknya semakin kecil nilai aktivitas air maka semakin lama daya simpan produk. Perlu diketahui aktivitas air adalah jumlah air bebas yang dapat digunakan oleh mikroba untuk pertumbuhannya (Pose *et al.* 2010). Mikroorganisme sendiri mempunyai a_w minimum agar tumbuh seperti bakteri butuh a_w pada 0,90; khamir a_w 0,8 – 0,9 dan kapang a_w 0,6 -0,7 (Leviana dan Paramita. 2017). Perlu diketahui tomat sendiri merupakan bahan pangan yang sangat berair yang kisaran a_w lebih tinggi dari 0,92 dengan pengecualian olahan tomat seperti saos tomat pekat (0,93 – 0,85 a_w) dan tomat kering (0,93 – 0,77 a_w) (Pose *et al.* 2010). Perubahan nilai aktivitas air (a_w) pada tomat selama masa simpan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Perubahan nilai aktivitas air selama masa simpan

Gambar 7 menunjukkan perubahan nilai a_w selama masa simpan hasilnya perubahan nilai a_w mengalami kenaikan pada semua perlakuan dari hari ke-4 sampai hari ke-28. Perlakuan kontrol mengalami kenaikan nilai a_w yang paling besar pada hari ke-28 sebesar 0,991 a_w dan untuk perlakuan dengan penambahan *coating* karagenan memiliki nilai 0,986 a_w pada hari ke-28. Sedangkan untuk perlakuan dengan *coating* karagenan dengan penambahan senyawa antimikroba memiliki nilai yaitu 0,982 untuk KGZ dan 0,979 untuk KGA. Berdasarkan hasil penelitian Pose *et al.* (2010) tomat yang disimpan pada suhu ruang tanpa perlakuan *coating* memiliki nilai a_w 0,982 pada hari ke-10. Hasil penelitian Janurianti *et al.* (2021) penambahan antibakteri seperti asam askorbat dan gum arab pada gel lidah buaya sebagai *edible coating* pada nanas dapat mempertahankan nilai aktivitas air sebesar 0,977 setelah 15 hari pada suhu 27 °C. Hasil penelitian Al-Nabulsi *et al.* (2020) perlakuan kitosan dengan penambahan nanopartikel zink oksida sebagai *coating* pada keju putih dengan suhu 10 °C didapat nilai aktivitas air (a_w) sebesar 0,93 pada hari ke-28. Jadi dapat disimpulkan penambahan senyawa antimikroba asam askorbat dan zink oksida memiliki nilai yang baik untuk menahan kenaikan nilai aktivitas air (a_w). Hasil uji ANOVA dapat dilihat pada Tabel 10 hasil ANOVA menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antara perlakuan yang dikenakan pada buah tomat terhadap aktivitas air (a_w) pada hari ke-12 hingga hari ke-28.

Tabel 10 Hasil analisis sidik ragam (ANOVA) tomat pada parameter nilai aktivitas air (a_w)

Day	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
H0	Between Groups	0,000	3	0,000	0,000	1,000
	Within Groups	0,000	8	0,000		
	Total	0,000	11			
H4	Between Groups	0,000	3	0,000	1,556	0,274
	Within Groups	0,000	8	0,000		
	Total	0,000	11			
H8	Between Groups	0,000	3	0,000	4,068	0,050
	Within Groups	0,000	8	0,000		
	Total	0,000	11			
H12	Between Groups	0,000	3	0,000	4,774	0,034
	Within Groups	0,000	8	0,000		
	Total	0,000	11			
H16	Between Groups	0,000	3	0,000	13,838	0,002
	Within Groups	0,000	8	0,000		
	Total	0,000	11			
H20	Between Groups	0,000	3	0,000	14,153	0,001
	Within Groups	0,000	8	0,000		
	Total	0,000	11			
H24	Between Groups	0,000	3	0,000	23,576	<,001
	Within Groups	0,000	8	0,000		
	Total	0,000	11			
H28	Between Groups	0,000	3	0,000	18,895	<,001
	Within Groups	0,000	8	0,000		
	Total	0,000	11			

Tabel 11 menyajikan hasil uji DMRT faktor perlakuan larutan *edible coating* berbahan dasar karagenan dengan penambahan senyawa antimikroba kepada perubahan nilai aktivitas air (a_w) selama masa simpan. Hasil uji DMRT untuk semua faktor berbeda nyata terkecuali perlakuan *coating* karagenan dengan penambahan senyawa antimikroba asam askorbat KGA dan zink oksida KGZ. Namun, hasil pengukuran aktivitas air sejak hari ke-0 sudah sangat tinggi dan penambahan senyawa *coating* hanya bisa menahan kenaikan lebih baik dari pada perlakuan lainnya. Hasil ini sesuai pernyataan Popescu *et al.* (2022) tentang penambahan senyawa antimikroba berupa chitosan dan *essential oil* pada proses pengolahan untuk stroberi dan apel potong dapat menekan laju perubahan nilai a_w selama masa simpan.

Tabel 11 Hasil uji DMRT perubahan nilai aktivitas air (a_w)

Lama Penyimpanan	Kontrol	KG0	KGA	KGZ
H0	0,969± 0,003 ^a	0,969± 0,003 ^a	0,969± 0,003 ^a	0,969± 0,003 ^a
H4	0,973± 0,002 ^a	0,970± 0,003 ^a	0,969± 0,003 ^a	0,969± 0,003 ^a
H8	0,975± 0,002 ^b	0,973± 0,003 ^{ab}	0,970± 0,002 ^a	0,970± 0,003 ^{ab}
H12	0,978± 0,002 ^b	0,974± 0,002 ^{ab}	0,971± 0,002 ^a	0,972± 0,002 ^a
H16	0,981± 0,001 ^c	0,977± 0,002 ^b	0,973± 0,002 ^a	0,973± 0,001 ^a
H20	0,986± 0,002 ^c	0,981± 0,002 ^b	0,974± 0,002 ^a	0,977± 0,002 ^a
H24	0,989± 0,001 ^c	0,984± 0,002 ^b	0,977± 0,002 ^a	0,980± 0,002 ^a
H28	0,991± 0,002 ^c	0,986± 0,002 ^b	0,979± 0,002 ^a	0,981± 0,001 ^a

Keterangan: a,b = nota huruf pada baris yang sama serupa berarti tidak ada perbedaan nyata pada uji Duncan dengan tingkat nilai kepercayaan 5%

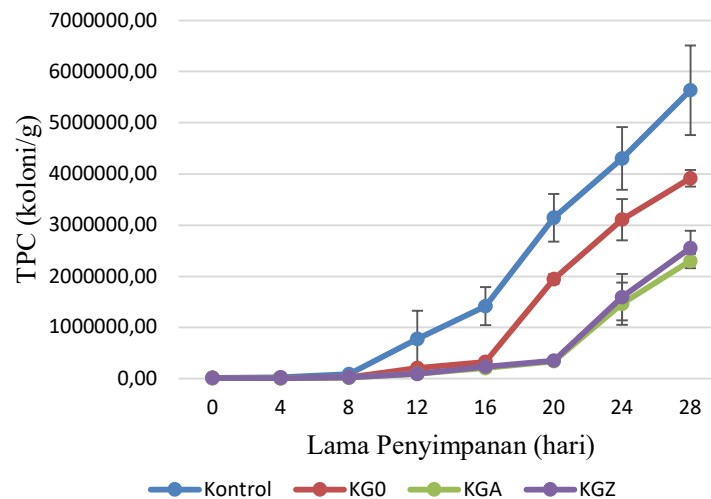
KG0 = Karagenan dan gliserol

KGA= Karagenan dan gliserol tambah Asam askorbat

KGZ= Karagenan dan gliserol tambah Zink oksida

4.4 Total Plate Count (TPC)

Analisa total mikroba merupakan parameter penting untuk menentukan mutu dari salah satu produk pangan. Pengujian total mikroba dengan menggunakan metode TPC merupakan metode yang umum untuk menentukan total mikroba selama masa simpan (Fagundes *et al.* 2015). *Total Plate Count* (TPC) atau angka lempeng total (ALT) adalah analisis mikrobiologis yang merupakan salah satu indikator keamanan pangan dalam mendeteksi jumlah sel bakteri yang terdapat pada suatu bahan (Tapotubun *et al.* 2008). Prinsip dari metode ini adalah jika sel mikroba masih hidup ditumbuhkan pada medium agar maka sel tersebut akan berkembang biak dan membentuk koloni yang dapat dilihat langsung tanpa menggunakan mikroskop. (Yunita *et al.* 2015). Kelebihan dalam metode ini dapat menghitung beberapa jenis koloni mikroba dan identifikasi mikroba karena yang terbentuk mungkin berasal dari satu sel mikroba. Kekurangan metode TPC ini ialah mikroba yang ditumbuhkan harus dapat tumbuh pada media dan membentuk koloni yang jelas (Andriani 2013). Uji total mikroba pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pertumbuhan kapang selama penyimpanan. Melihat dari karakteristik tomat ini yang lebih mudah tumbuh adalah kapang maka dilakukan analisis *Total Plate Count* dengan medium PDA (*Potato Dextrose Agar*). Pengukuran cemaran mikroorganisme pada tomat selama masa simpan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Nilai TPC tomat selama masa simpan

Perubahan nilai TPC tomat selama masa simpan terjadi karena tomat yang menunjukkan perkembangan mikroba semakin banyak selama masa simpan. Kerusakan yang terjadi karena adanya serangan mikroba patogen sehingga mengakibatkan buah rusak atau busuk. Mikroba patogen, baik kapang maupun bakteri dapat menyerang buah melewati bagian yang luka, memar atau pori-pori kulit. Kapang dan bakteri inilah yang kemudian tumbuh dengan memanfaatkan nutrisi dalam buah (Sabarisman *et al.* 2015). Berdasarkan Gambar 8 terlihat pertumbuhan mikroba meningkat pesat mulai dari hari ke-12 sampai ke-28 artinya laju pertumbuhan dari tomat yang dilapisi perlakuan *coating* dengan senyawa antimikroba lebih rendah dari pada tomat tanpa pelapisan. Laju pertumbuhan mikroba hari ke-28 pada buah tomat tanpa pelapisan sebesar $5,6 \times 10^6$ koloni/g lebih tinggi dari tiga perlakuan dengan penambahan perlakuan *coating*. Laju pertumbuhan mikroba pada buah tomat dengan perlakuan penambahan lapisan *coating* karagenan (KG0) dan lapisan *coating* karagenan dengan antimikroba asam askorbat (KGA) serta zink oksida (KGZ) berturut-turut sebesar $3,9 \times 10^6$; $2,3 \times 10^6$ dan $2,5 \times 10^6$ koloni/g. Hasil penelitian Ayu *et al.* (2019) penambahan sari lengkuas merah sebagai antimikroba untuk *edible coating* pada tomat hari ke-21 memiliki nilai $5,5 \times 10^5$ koloni/g. Penambahan guar gum pada *edible coating* untuk tomat sebagai antimikroba pada hari ke-20 memberikan nilai $9,6 \times 10^5$ koloni/g (Chacon *et al.* 2017). Hasil penelitian tentang gabungan pelapisan berbahan dasar bioselulosa, pati, natrium alginate, dan kitosan sebagai *edible coating* tomat pada hari ke-10 memberikan nilai TPC sebesar $6,4 \times 10^5$ (Ahmed *et al.* 2023). Oleh karena itu, penambahan antimikroba berupa asam askorbat dan zink oksida kepada *edible coating* untuk tomat memberikan nilai lebih baik untuk menahan pertumbuhan mikroba. Hasil uji ANOVA pada Tabel 12 menunjukkan bahwa perlakuan *coating* karagenan dengan penambahan antimikroba berpengaruh nyata pada nilai

perubahan nilai TPC pada buah tomat selama penyimpanan dari hari ke-4 hingga ke-28.

Tabel 12 Hasil analisis sidik ragam (ANOVA) tomat pada parameter *Total Plate Count* (TPC)

Day	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
H0	<i>Between Groups</i>					
	<i>Within Groups</i>	0,000	3	0,000	0,000	1,000
	<i>Total</i>	298666666,667	8	37333333,333		
		298666666,667	11			
H4	<i>Between Groups</i>					
	<i>Within Groups</i>	954756666,667	3	318252222,222	8,292	0,008
	<i>Total</i>	307040000	8	38380000		
		1261796666,667	11			
H8	<i>Between Groups</i>					
	<i>Within Groups</i>	10242000000	3	3414000000	8,057	0,008
	<i>Total</i>	33900000000	8	423750000		
		13632000000	11			
H12	<i>Between Groups</i>					
	<i>Within Groups</i>	95916066666,667	3	31972022222,222	4,114	0,049
	<i>Total</i>	621751333333,333	8	77718916666,667		
		1580912000000	11			
H16	<i>Between Groups</i>					
	<i>Within Groups</i>	3064688916666,667	3	1021562972222,222	33,354	<,001
	<i>Total</i>	245023333333,333	8	30627916666,667		
		3309712250000,001	11			
H20	<i>Between Groups</i>					
	<i>Within Groups</i>	16662501333333,332	3	5554167111111,110	98,268	<,001
	<i>Total</i>	452162666666,667	8	56520333333,333		
		17114663999999,998	11			
H24	<i>Between Groups</i>					
	<i>Within Groups</i>	1638699999999,996	3	546233333333,332	23,805	<,001
	<i>Total</i>	183566666666,667	8	229458333333,333		
		1822266666666,664	11			
H28	<i>Between Groups</i>					
	<i>Within Groups</i>	2110136666666,668	3	703378888888,890	30,393	<,001
	<i>Total</i>	185140000000	8	231425000000		
		2295276666666,668	11			

Hasil uji DMRT pada Tabel 13 menunjukkan perbedaan nyata antara perlakuan penambahan senyawa antimikroba dengan perlakuan lainnya. Perbedaan antara perlakuan penambahan senyawa antimikroba dengan yang tidak ada tambahan, disebabkan senyawa asam askorbat dan zink oksida memiliki kemampuan antimikroba sehingga dapat menghambat pertumbuhan kapang dan bakteri. Selain itu lapisan *coating* dapat menutup pori-pori kulit buah sehingga menutup jalan masuk bagi mikroba. Batas cemaran buah tomat dapat didekati dengan batas cemaran mikroba untuk buah segar olahan sebesar ($<10^5$) koloni/g (SNI 2009).

Tabel 13 Hasil uji DMRT nilai TPC tomat selama masa simpan

LP	Kontrol	KG0	KGA	KGZ
H0	1,2x10 ⁴ ± 6110,1 ^a	1,2x10 ⁴ ± 6110,1 ^a	1,2x10 ⁴ ± 6110,1 ^a	1,2x10 ⁴ ± 6110,1 ^a
H4	2,6x10 ⁴ ± 9073,7 ^b	9x10 ³ ± 5291,5 ^a	5,6x10 ³ ± 5507,5 ^a	3,8x10 ³ ± 3585,1 ^a
H8	8,7x10 ⁴ ± 39878,9 ^b	2,3x10 ⁴ ± 7000 ^a	1,5x10 ⁴ ± 3055,1 ^a	2,2x10 ⁴ ± 6806,8 ^a
H12	7,7x10 ⁵ ± 554105,8 ^b	2x10 ⁵ ± 27184,5 ^a	9,2x10 ⁴ ± 38974,3 ^a	9,1x10 ⁴ ± 39803,6 ^a
H16	1,4x10 ⁶ ± 371955,1 ^b	3,2x10 ⁵ ± 38118,2 ^a	2x10 ⁵ ± 42035,6 ^a	2,3x10 ⁵ ± 48562,6 ^a
H20	3,1x10 ⁶ ± 464578,6 ^c	19x10 ⁶ ± 94516,3 ^b	3,4x10 ⁵ ± 27646,5 ^a	3,4x10 ⁵ ± 23459,1 ^a
H24	4,3x10 ⁶ ± 615169,3 ^c	3,1x10 ⁶ ± 405010,2 ^b	1,4x10 ⁶ ± 411865,2 ^a	1,5x10 ⁶ ± 453578,3 ^a
H28	5,6x10 ⁶ ± 875061,9 ^c	3,9x10 ⁶ ± 162583,3 ^b	2,3x10 ⁶ ± 141067,3 ^a	2,5x10 ⁶ ± 337095,4 ^a

Keterangan: a,b = nota huruf pada baris yang sama serupa berarti tidak ada perbedaan nyata pada uji Duncan dengan tingkat nilai kepercayaan 5%

(*) = menandakan sampel sudah melebihi ambang batas hitung

LP = Lama Penyimpanan

KG0 = Karagenan dan gliserol

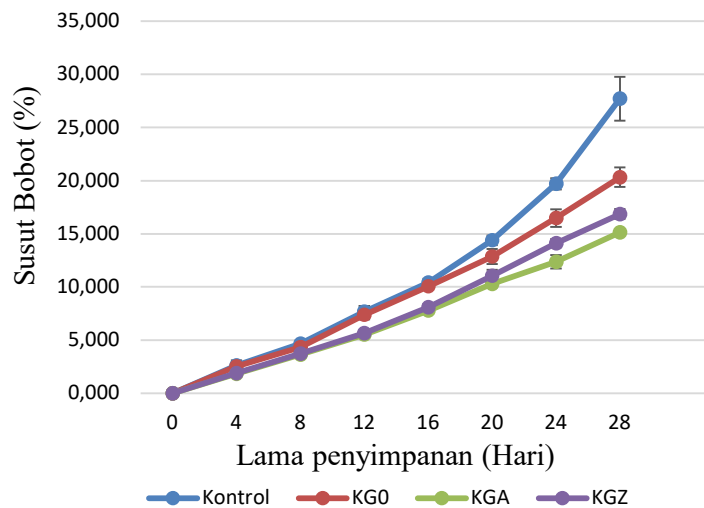
KGA = Karagenan dan gliserol tambah Asam askorbat

KGZ = Karagenan dan gliserol tambah Zink oksida

Hasil analisis mikroba terlihat pada buah tomat dengan perlakuan penambahan senyawa antimikroba dan yang tidak memiliki cemaran mikroba yang berada di atas batas aman konsumsi pada hari ke-28. Penambahan senyawa antimikroba asam askorbat dan zink oksida hanya mampu menahan laju pertumbuhan mikroba sampai pada hari ke-20. Akan tetapi, selama penyimpanan dari kedua perlakuan penambahan senyawa antimikroba tidak memiliki perbedaan yang nyata satu sama lain. Hal dapat terjadi karena kedua senyawa ini memiliki fungsi yang sama, berdasarkan Arroyo *et al.* (2020) pengamatan terhadap *edible coating* dari kitosan dan penambahan nano ZnO pada pelapisan dapat menghambat munculnya pembusukan dalam jambu biji menunjukkan tindakan antimikroba. Penelitian kombinasi asam askorbat dan kitosan mampu menjaga kualitas pascapanen pepaya dengan menghambat pencemaran mikroba dan menjaga kualitas buah selama masa simpan (Zhou *et al.* 2022)

4.5 Susut Bobot

Susut bobot secara umum suatu keadaan dimana terjadi penurunan berat tomat yang diakibatkan oleh hilangnya air akibat penguapan baik melalui respirasi maupun transpirasi. Menurut Widodo *et al.* (2019) susut bobot terjadi karena proses respirasi yang berlangsung selama proses pematangan buah sehingga terjadi kehilangan air dan daging buah. Respirasi yang terjadi pada tomat merupakan proses biologis untuk menghasilkan energi dan proses pembakaran bahan-bahan organik dan penyerapan oksigen. Hasil proses biologis tersebut akan mengeluarkan sisa-sisa pembakaran berupa gas dan air sehingga buah akan mengalami penyusutan bobot (Ahmad 2013). Maka penguapan yang terjadi pada tomat sangat berjalan lurus dengan laju respirasi tomat. Tomat yang memiliki masa simpan yang pendek biasanya mempunyai nilai laju respirasi yang tinggi (Aisyah *et al.* 2021). Maka dari itu, penggunaan *edible coating* secara tidak langsung menjadi pelindung tambahan selain kulit yang ada di tomat. Gambar 9 menunjukkan perubahan nilai susut bobot tomat selama masa simpan.



Gambar 9 Perubahan nilai susut bobot tomat selama masa simpan

Peningkatan susut bobot tomat tertinggi terjadi pada tomat tanpa perlakuan mencapai 27,707% pada pengamatan hari ke-28. Perlakuan *coating* karagenan pada tomat menahan penyusutan bobot, dilihat pada grafik batas tertinggi penyusutan hari ke-28 ada di KG0 dengan nilai 20,316%. Sedangkan tomat yang diberi perlakuan *coating* dengan penambahan senyawa antimikroba memiliki nilai susut bobot yang rendah di antara dua perlakuan sebelumnya. Tomat dengan perlakuan KGA memiliki nilai susut bobot paling rendah yaitu 15,131% dan untuk KGZ memiliki nilai susut bobot sebesar 16,865%. Hasil penelitian Purwanto dan Effendi (2016) perlakuan asam askorbat 3% dan lidah buaya sebagai *edible coating* untuk apel malang pada penyimpanan hari ke-6 memiliki persentase susut bobot 0,9% lebih dari kontrol sebesar 1,1%. Menurut penelitian Heri (2015) perlakuan zink oksida 0,5% dan karagenan 0,8% sebagai *edible coating* untuk stroberi pada penyimpanan hari ke-10 dengan nilai susut bobot 10,13%. Dapat disimpulkan penambahan senyawa antimikroba berupa asam askorbat dan zink oksida menjadi perlakuan yang bagus untuk menahan susut bobot pada tomat segar. Hasil uji ANOVA pada Tabel 14 menunjukkan bahwa perlakuan *coating* karagenan dengan penambahan antimikroba berpengaruh nyata pada susut bobot selama penyimpanan dari hari ke-4 sampai ke-28.

Tabel 14 Hasil analisis sidik ragam (ANOVA) tomat pada parameter nilai Susut bobot

<i>Day</i>	<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
H0	<i>Between Groups</i>	0,000	3	0,000	0,000	1,000
	<i>Within Groups</i>	0,000	8	0,000		
	<i>Total</i>	0,000	11			
H4	<i>Between Groups</i>	1,568	3	0,523	5,912	0,020
	<i>Within Groups</i>	0,707	8	0,088		
	<i>Total</i>	2,275	11			
H8	<i>Between Groups</i>	2,162	3	0,721	17,063	<,001
	<i>Within Groups</i>	0,338	8	0,042		
	<i>Total</i>	2,500	11			
H12	<i>Between Groups</i>	11,445	3	3,815	29,681	<,001
	<i>Within Groups</i>	1,028	8	0,129		
	<i>Total</i>	12,473	11			
H16	<i>Between Groups</i>	16,085	3	5,362	66,564	<,001
	<i>Within Groups</i>	0,644	8	0,081		
	<i>Total</i>	16,730	11			
H20	<i>Between Groups</i>	30,381	3	10,127	36,716	<,001
	<i>Within Groups</i>	2,207	8	0,276		
	<i>Total</i>	32,587	11			
H24	<i>Between Groups</i>	91,508	3	30,503	82,552	<,001
	<i>Within Groups</i>	2,957	8	0,370		
	<i>Total</i>	94,465	11			
H28	<i>Between Groups</i>	278,991	3	92,997	68,863	<,001
	<i>Within Groups</i>	10,649	8	1,331		
	<i>Total</i>	289,641	11			

Hasil uji DMRT pada Tabel 15 menunjukkan perbedaan nyata antara perlakuan penambahan senyawa antimikroba dengan perlakuan yang tidak ditambahkan senyawa antimikroba. Adanya pelapisan yang berperan sebagai penghalang terhadap transfer air dan gas sekaligus pelindung terhadap luka pada dinding buah sehingga dapat mencegah transpirasi dan respirasi (Putra 2022). Penambahan senyawa antimikroba juga membantu menghalangi jalannya masuk mikroorganisme perusak pada tomat selama penyimpanan (Chavan *et al.* 2017). Selama penyimpanan perlakuan KGA dan KGZ memiliki rata-rata susut bobot yang kecil tapi tidak berbeda nyata satu sama lain, sehingga hal ini menunjukkan larutan *coating* dengan penambahan senyawa antimikroba berupa asam askorbat dan zink oksida pada tomat dapat menahan susut bobot dengan hasil paling efektif.

Tabel 15 Hasil uji DMRT susut bobot tomat selama masa simpan

Lama Penyimpanan	Kontrol	KG0	KGA	KGZ
H0	0,000± 0 ^a	0,000± 0 ^a	0,000± 0 ^a	0,000± 0 ^a
H4	2,616± 0,475 ^b	2,530± 0,298 ^b	1,836± 0,164 ^a	1,870± 0,108 ^a
H8	4,653± 0,312 ^b	4,340± 0,160 ^b	3,646± 0,585 ^a	3,710± 0,695 ^a
H12	7,676± 0,536 ^b	7,366± 0,408 ^b	5,513± 0,301 ^a	5,653± 0,221 ^a
H16	10,390± 0,390 ^b	10,053± 0,11 ^b	7,766± 0,245 ^a	8,093± 0,312 ^a
H20	14,380± 0,445 ^c	12,866± 0,700 ^b	10,290± 0,336 ^a	11,063± 0,549 ^a
H24	19,697± 0,539 ^d	16,613± 0,790 ^c	12,356± 0,640 ^a	14,113± 0,391 ^b
H28	27,707± 2,063 ^d	20,316± 0,918 ^c	15,131± 0,362 ^a	16,865± 0,468 ^a

Keterangan: a,b = nota huruf pada baris yang sama serupa berarti tidak ada perbedaan nyata pada uji Duncan dengan tingkat nilai kepercayaan 5%

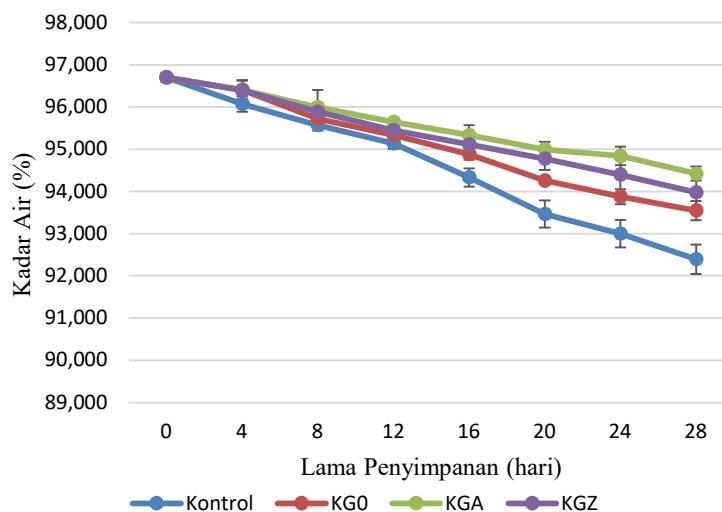
KG0 = Karagenan dan gliserol

KGA= Karagenan dan gliserol tambah Asam askorbat

KGZ= Karagenan dan gliserol tambah Zink oksida

4.6 Kadar Air

Kadar air merupakan nilai kandungan air yang terdapat pada bahan pangan yang dipengaruhi oleh respirasi, selama masa simpan respirasi pada bahan pangan mengakibatkan kehilangan substrat dan kadar air. Nilai kadar air sendiri sangat mempengaruhi daya simpan dan mutu bahan pangan sehingga kadar air menjadi parameter yang penting untuk menganalisis mutu. Tomat sendiri merupakan bahan pangan yang memiliki kadar air yang tinggi untuk produk hortikultura yang memiliki kadar air tinggi akan mengalami laju penguapan air yang tinggi juga sehingga proses pematangan akan terjadi cepat (Utama *et al.* 2017). Pada hasil penelitian Susilowati *et al.* (2017), menyatakan semakin lama umur simpan tomat maka akan terjadi penurunan kadar air baik pada kontrol maupun pada perlakuan lainnya. Perubahan nilai kandungan kadar air pada tomat dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Nilai kadar air tomat selama masa simpan

Perubahan nilai kadar air mengalami penurunan selama masa simpan, Penyebabnya kadar air termasuk dalam kerusakan fisik dan kimiawi dalam tomat dimana akan mengalami penguapan sebagai hasil dari proses respirasi dan mengalami penurunan jika tomat rusak (Genanew 2013). Kontrol menjadi perlakuan yang mengalami respirasi yang tinggi menyebabkan nilai kadar air berkurang lebih banyak tercatat pada hari ke-28 nilai kadar air dari perlakuan kontrol sebesar 92,393%. Perlakuan tomat dengan *coating* karagenan mendapat nilai kadar air sebesar 93,547% pada hari ke-28 hasil ini sesuai dengan penelitian Afifah *et al.* (2018) tentang penambahan kombinasi *edible* film karagenan dengan *plasticizer* berupa gliserol mampu mempertahankan nilai kadar air. Nilai untuk perlakuan *coating* karagenan dengan penambahan senyawa antimikroba memiliki nilai yang lebih tinggi dari kedua perlakuan sebelumnya, perlakuan KGA dengan nilai 94,442% dan KGZ dengan nilai 93,978%. Hasil penelitian Hayati *et al.* (2022) pemberian ekstrak daun cincau hijau sebagai antioksidan untuk *edible* coating pada tomat selama 7 hari memiliki nilai kadar air 94,20%. Hasil penambahan karagenan dengan penambahan senyawa antimikroba bisa disimpulkan memiliki hasil lebih baik untuk mempertahankan nilai kadar air pada tomat. Hasil uji ANOVA dapat dilihat pada Tabel 16 menunjukkan bahwa perlakuan *coating* karagenan dengan penambahan antimikroba berpengaruh nyata pada nilai kadar air selama penyimpanan dari hari ke-12 sampai ke-28 serta hasil uji DMRT dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 16 Hasil analisis sidik ragam (ANOVA) tomat pada parameter kadar air

Day	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
H0	<i>Between Groups</i>	0,000	3	0,000	0,000	1,000
	<i>Within Groups</i>	0,093	8	0,012		
	<i>Total</i>	0,093	11			
H4	<i>Between Groups</i>	0,247	3	0,082	2,281	0,156
	<i>Within Groups</i>	0,289	8	0,036		
	<i>Total</i>	0,536	11			
H8	<i>Between Groups</i>	0,307	3	0,102	1,722	0,239
	<i>Within Groups</i>	0,475	8	0,059		
	<i>Total</i>	0,781	11			
H12	<i>Between Groups</i>	0,404	3	0,135	9,546	0,005
	<i>Within Groups</i>	0,113	8	0,014		
	<i>Total</i>	0,517	11			
H16	<i>Between Groups</i>	1,619	3	0,540	16,441	<,001
	<i>Within Groups</i>	0,263	8	0,033		
	<i>Total</i>	1,881	11			
H20	<i>Between Groups</i>	4,180	3	1,393	26,336	<,001
	<i>Within Groups</i>	0,423	8	0,053		
	<i>Total</i>	4,604	11			
H24	<i>Between Groups</i>	5,622	3	1,874	19,685	<,001
	<i>Within Groups</i>	0,762	8	0,095		
	<i>Total</i>	6,384	11			
H28	<i>Between Groups</i>	6,832	3	2,277	25,467	<,001
	<i>Within Groups</i>	0,715	8	0,089		
	<i>Total</i>	7,547	11			

Tabel 17 Hasil uji DMRT nilai kadar air tomat selama masa simpan

Lama Penyimpanan	Kontrol	KG0	KGA	KGZ
H0	96,700±0,108 ^a	96,700±0,108 ^a	96,700±0,108 ^a	96,700±0,108 ^a
H4	96,070±0,108 ^a	96,399±0,223 ^{ab}	96,410±0,225 ^{ab}	96,396±0,103 ^b
H8	95,571±0,132 ^a	95,725±0,057 ^{ab}	95,993±0,412 ^{ab}	95,884±0,216 ^{ab}
H12	95,138±0,129 ^a	95,336±0,042 ^{ab}	95,336±0,068 ^c	95,441±0,182 ^{bc}
H16	94,330±0,217 ^a	94,883±0,132 ^b	95,311±0,210 ^c	95,115±0,149 ^{bc}
H20	93,465±0,320 ^a	94,257±0,079 ^b	94,999±0,172 ^c	94,778±0,269 ^c
H24	93,000±0,324 ^a	93,876±0,177 ^b	94,839±0,219 ^c	94,399±0,442 ^{bc}
H28	92,392±0,346 ^a	93,546±0,227 ^b	94,421±0,166 ^c	93,977±0,397 ^{bc}

Keterangan: a,b = nota huruf pada baris yang sama serupa berarti tidak ada perbedaan nyata pada uji Duncan dengan tingkat nilai kepercayaan 5%

KG0 = Karagenan dan gliserol

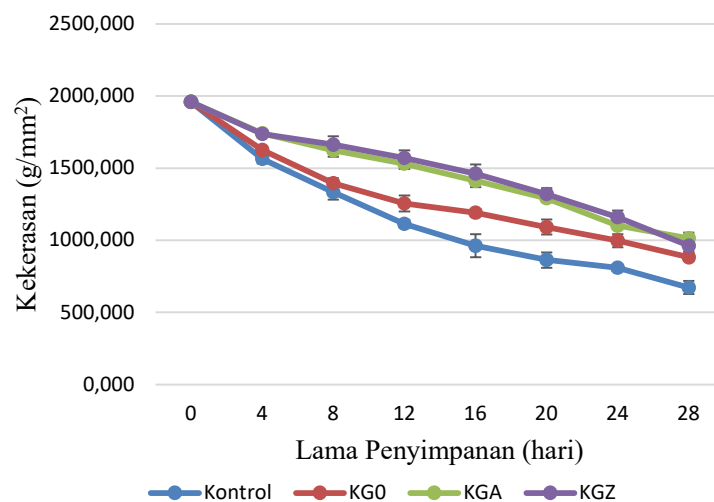
KGA = Karagenan dan gliserol tambah Asam askorbat

KGZ = Karagenan dan gliserol tambah Zink oksida

Hasil uji DMRT pada Tabel 17 menunjukkan perbedaan nyata antara perlakuan penambahan senyawa antimikroba dengan perlakuan yang tidak ditambahkan senyawa antimikroba. Senyawa asam askorbat menurut Limon *et al.* (2021) perlakuan larutan *coating* dengan penambahan asam askorbat dan chitosan mampu menghambat kehilangan air yang menyebabkan kehilangan susut bobot papaya. Sama halnya dengan asam askorbat penambahan zink oksida menurut Nguyen *et al.* (2021) penambahan nanopartikel zink oksida dalam lapisan *coating* untuk pisang menyebabkan penurunan berat buah sehingga otomatis laju kehilangan air menjadi lambat. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan senyawa antimikroba berupa asam askorbat dan zink oksida menjadi perlakuan yang dapat menahan perubahan kadar air. Akan tetapi, selama penyimpanan dari kedua perlakuan penambahan senyawa antimikroba tidak memiliki perbedaan yang nyata satu sama lain.

4.7 Kekerasan

Kekerasan merupakan parameter yang digunakan konsumen untuk mengetahui karakteristik mutu dan kualitas buah. Kekerasan (kekencangan) dapat didefinisikan sebagai gaya yang diperlukan untuk mencapai deformasi tertentu, dan itu adalah kompresi pertama atau gaya maksimum buah hancur (Gebregziabher *et al.* 2021). Hal itu dapat terjadi disebabkan melunaknya buah tomat yang disebabkan aktivitas pektinase selama pematangan (Prastya 2015). Nilai kekerasan yang baik bukan berarti nilainya tinggi atau rendah, melainkan pada kondisi fisik buah tersebut berada pada kekerasan yang bagus dan baik (Atmaka *et al.* 2021). Nilai kekerasan tergantung pada varietas atau kultivar tomat, suhu, dan kelembaban serta tahap kematangan. Tetapi yang paling mempengaruhi nilai kekerasan tomat ialah tingkat kematangan dan suhu penyimpanan (Gebregziabher *et al.* 2021). Pengukuran hasil perubahan nilai kekerasan tomat segar dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Nilai perubahan kekerasan tomat selama masa simpan

Gambar 11 menunjukkan perubahan nilai kekerasan tomat selama masa simpan hasilnya terdapat perubahan kekerasan tomat yang menunjukkan tren yang menurun selama masa simpan. Penurunan nilai kekerasan pada tomat dapat terjadi karena perombakan senyawa penyusun menurut ahmad (2013), nilai kekerasan menurun disebabkan perombakan senyawa penyusun menjadi gula sederhana seperti glukosa, fruktosa, dan sukrosa. Semakin besar tenaga yang diperlukan untuk menekan tomat makan semakin besar pula nilai kekerasan tomat tersebut (Fuaddi 2018). Penurunan tertinggi terjadi perlakuan kontrol dengan nilai 674,427 g/mm² pada hari ke-28. Penambahan karagenan sendiri dapat menahan nilai kekerasan agar tidak mudah turun. Hasil dari perlakuan karagenan dengan penambahan senyawa antimikroba memiliki rata-rata tertinggi untuk menahan perubahan kekerasan. Pada hari ke-28 nilai perlakuan KGA dan KGZ berturut-turut ialah 1014,24 g/mm² dan 961,26 g/mm². Hasil penelitian Sulistyowati *et al.* (2019) menunjukkan tomat dengan perlakuan *edible film* ekstrak jahe memiliki nilai kekerasan pada hari ke-7 sebesar 1562 g/mm². Hal itu terjadi karena *edible film* atau *edible coating* akan menghambat jalan laju respirasi sehingga proses respirasi dan pelunakan jaringan menjadi kurang aktif (Sulistyowati *et al.* 2019). Hasil uji ANOVA dapat dilihat pada Tabel 18 menunjukkan bahwa perlakuan *coating* karagenan dengan penambahan antimikroba berpengaruh nyata pada nilai perubahan nilai kekerasan selama penyimpanan dari hari ke-4 hingga ke-28.

Tabel 18 Hasil analisis sidik ragam (ANOVA) tomat pada parameter kekerasan

Day	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
H0	Between Groups	0,000	3	0,000	0,000	1,000
	Within Groups	798,849	8	99,856		
	Total	798,849	11			
H4	Between Groups	68430,364	3	22810,121	35,261	0,003
	Within Groups	2745,294	8	343,162		
	Total	71175,658	11			
H8	Between Groups	240309,209	3	343,162	66,470	<,001
	Within Groups	18173,930	8	80103,070		
	Total	258483,139	11			
H12	Between Groups	434239,965	3	144746,655	72,803	<,001
	Within Groups	15905,632	8	1988,204		
	Total	450145,597	11			
H16	Between Groups	472632,230	3	157544,077	49,309	<,001
	Within Groups	25560,338	8	3195,042		
	Total	498192,568	11			
H20	Between Groups	401664,041	3	133888,014	67,068	<,001
	Within Groups	15970,376	8	01996,297		
	Total	417634,417	11			
H24	Between Groups	213316,983	3	71105,661	58,445	<,001
	Within Groups	9733,016	8	1216,627		
	Total	223049,999	11			
H28	Between Groups	203079,916	3	67693,305	44,320	<,001
	Within Groups	12219,096	8	1527,387		
	Total	215299,012	11			

Hasil uji DMRT pada Tabel 19 menunjukkan perbedaan nyata antara perlakuan penambahan senyawa antimikroba dengan perlakuan lainnya. Pengaruh kekerasan buah yang utama ditentukan oleh adanya pektin. Selama penyimpanan, enzim seperti pektin metil esterase dan *polygalacturonase* akan menguraikan pektin, yang mengakibatkan penurunan kekerasan buah (Ahmed *et al.* 2023). Dengan bantuan pelapisan tingkat kekerasan buah dapat dipertahankan karena menurunkan laju transpirasi dan respirasi, menunda penuaan, mencegah degradasi dinding sel dan memperlambat pemasakan. Sampel dengan perlakuan penambahan senyawa antimikroba selama penyimpanan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata satu sama lain. Hal tersebut menunjukkan penambahan senyawa antimikroba pada tomat dapat menahan penurunan tingkat kekerasan selama penyimpanan dan di antara perlakuan senyawa antimikroba asam askorbat dan zink oksida tidak berbeda nyata.

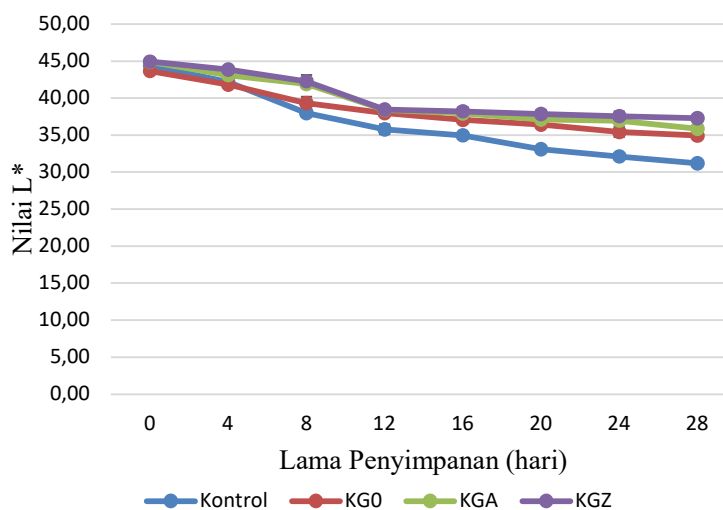
Tabel 19 Hasil uji DMRT nilai kekerasan tomat selama masa simpan

Lama Penyimpanan	Kontrol	KG0	KGA	KGZ
H0	1959,48±9,99 ^a	1959,48±9,99 ^a	1959,48±9,99 ^a	1959,48±9,99 ^a
H4	1564,80±31,30 ^a	1623,99±15,80 ^b	1741,57±11,00 ^c	1737,39±0,39 ^c
H8	1332,81±50,02 ^a	1395,91±34,69 ^a	1623,60±43,57 ^b	1661,52±59,00 ^b
H12	1113,88± 28,32 ^a	1255,48± 54,90 ^b	1530,15± 36,18 ^c	1571,01± 53,17 ^c
H16	962,24 ±79,40 ^a	1191,61±24,90 ^b	1412,74±43,71 ^c	1462,25±62,80 ^c
H20	862,80 ±53,69 ^a	1091,88±51,89 ^b	1290,28±25,39 ^c	1319,32±42,00 ^c
H24	809,42 ±14,53 ^a	997,50 ±45,46 ^b	1102,15±18,21 ^c	1159,78±47,49 ^c
H28	672,42 ±45,70 ^a	882,61 ±27,68 ^b	1014,24±40,01 ^c	961,26 ±40,65 ^c

Keterangan: a,b = nota huruf pada baris yang sama serupa berarti tidak ada perbedaan nyata pada uji Duncan dengan tingkat nilai kepercayaan 5%
 KG0 = Karagenan dan gliserol
 KGA= Karagenan dan gliserol tambah Asam askorbat
 KGZ= Karagenan dan gliserol tambah Zink oksida

4.8 Warna

Warna merupakan salah satu parameter dari kualitas produk pertanian yang langsung terlibat secara visual. Parameter yang awal digunakan oleh konsumen untuk menilai kualitas suatu produk pertanian adalah warna. Jika penampakan visual suatu produk sudah terlihat tidak bagus, maka konsumen akan ragu untuk melihat parameter lain seperti aroma, rasa dan lain-lain (Mahadid 2015). Selama proses pematangan tomat akan mengalami perubahan warna yang pada umumnya dari warna hijau ke warna merah. Menurut Kismaryanti (2007) warna buah akan semakin merah seiring dengan semakin matang buah tomat tersebut, hal ini terjadi karena produksi likopen yang juga semakin meningkat. Pengukuran warna menggunakan ruang warna $L^*a^*b^*$ sebagai pembandingan numerik perubahan warna pada tomat. Ruang warna ini mampu memvisualisasikan seluruh warna yang dapat dilihat oleh mata manusia dan sering kali digunakan sebagai referensi ruang warna (Rulaningtyas *et al.* 2015). Perubahan nilai L^* pada tomat dapat dilihat pada Gambar 12.

Gambar 12 Perubahan nilai L^* tomat selama masa simpan

Gambar 12 menunjukkan perubahan nilai L* tomat selama masa simpan terdapat perubahan terhadap nilai L* yang mengalami penurunan selama masa simpan. Nilai kecerahan tomat pada tiap perlakuan mengalami perubahan selama penyimpanan. Nilai L adalah indikator yang berguna untuk mengukur kecerahan selama penyimpanan yang dihasilkan dari reaksi pencokelatan atau peningkatan konsentrasi pigmen (Rocha dan Morais 2003). Nilai kecerahan dapat dipengaruhi oleh klorofil mengalami yang proses degradasi dan proses sintesis klorofil dipengaruhi oleh peningkatan respirasi sehingga munculnya pigmen likopen (Uswatun 2009). Penurunan nilai kecerahan tomat paling cepat terjadi tomat kontrol dengan nilai kecerahan hari ke-28 sebesar 31,18. Tomat dengan pelapisan *coating* karagenan mempertahankan kecerahannya dengan nilai kecerahan di hari ke-28 34,93 hasil ini masih belum tinggi jika dibandingkan dengan tomat dengan perlakuan *coating* dengan penambahan senyawa antimikroba. Perlakuan dengan penambahan senyawa asam askorbat KGA memiliki nilai sebesar 35,85 pada hari ke-28 dan untuk perlakuan senyawa zink oksida KGZ memiliki nilai 37,27 pada hari ke-28. Hasil penelitian Apriadi (2017) tomat ceri dengan *edible coating* aloe vera 50% menghasilkan nilai kecerahan pada hari ke-14 sebesar 37,42. Hasil uji ANOVA dapat dilihat pada Tabel 20 menunjukkan bahwa perlakuan *coating* karagenan dengan penambahan antimikroba berpengaruh nyata pada nilai kecerahan (L*) selama penyimpanan dari hari ke-4 sampai ke-28.

Tabel 20 Hasil analisis sidik ragam (ANOVA) tomat pada parameter nilai L*

Day	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
H0	Between Groups	3,146	3	1,049	3,373	0,075
	Within Groups	2,487	8	0,311		
	Total	5,634	11			
H4	Between Groups	7,688	3	2,563	10,056	0,034
	Within Groups	1,077	8	0,135		
	Total	8,765	11			
H8	Between Groups	38,194	3	12,731	24,910	0,001
	Within Groups	3,523	8	0,440		
	Total	41,717	11			
H12	Between Groups	14,290	3	4,763	25,524	<,001
	Within Groups	1,493	8	0,187		
	Total	15,783	11			
H16	Between Groups	19,699	3	6,566	55,198	<,001
	Within Groups	0,952	8	0,119		
	Total	20,650	11			
H20	Between Groups	39,825	3	13,275	90,743	<,001
	Within Groups	1,170	8	0,146		
	Total	40,995	11			
H24	Between Groups	53,173	3	17,724	80,881	<,001
	Within Groups	1,753	8	0,219		
	Total	54,927	11			
H28	Between Groups	60,973	3	20,324	156,222	<,001
	Within Groups	1,041	8	0,130		
	Total	62,014	11			

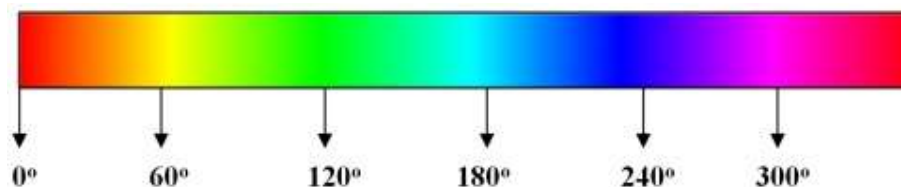
Hasil uji DMRT pada Tabel 21 menunjukkan perbedaan nyata antara perlakuan penambahan senyawa antimikroba dengan perlakuan yang tidak ditambahkan senyawa antimikroba. Nilai tiap perlakuan yang berbeda merujuk kepada penelitian Nair *et al.* (2018), menjelaskan bahwa terbentuknya atmosfer termodifikasi di antara permukaan buah dan permukaan lapisan memperpanjang degradasi pigmen dan tidak adanya O₂ hasilnya akan memperlambat atau mencegah berkembangnya warna yang tidak diinginkan. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan senyawa antimikroba berupa asam askorbat dan zink oksida menjadi perlakuan yang dapat menekan perubahan L*. Akan tetapi, selama penyimpanan dari kedua perlakuan penambahan senyawa antimikroba tidak memiliki perbedaan yang nyata satu sama lain.

Tabel 21 Hasil uji DMRT nilai L* tomat selama masa simpan

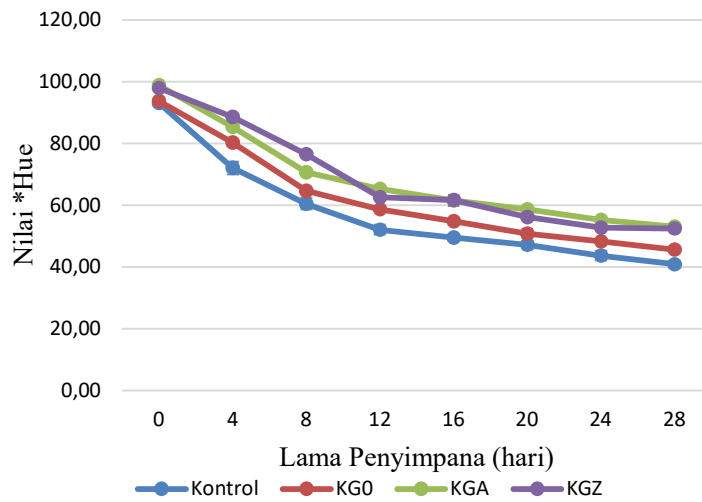
Lama Penyimpanan	Kontrol	KG0	KGA	KGZ
H0	44,40± 0,92 ^a	43,63± 0,26 ^a	44,87± 0,46 ^a	44,91± 0,46 ^a
H4	42,13± 0,50 ^a	41,81± 0,31 ^a	43,07± 0,17 ^b	43,84± 0,39 ^c
H8	37,97± 0,51 ^a	39,31± 0,84 ^b	41,89± 0,26 ^c	42,25± 0,84 ^c
H12	35,78± 0,66 ^a	37,94± 0,33 ^b	38,41± 0,18 ^b	38,43± 0,40 ^b
H16	34,93± 0,11 ^a	37,06± 0,20 ^b	37,93± 0,35 ^c	38,19± 0,54 ^c
H20	33,06± 0,17 ^a	36,43± 0,43 ^b	37,10± 0,13 ^{bc}	37,82± 0,58 ^c
H24	32,12± 0,06 ^a	35,42± 0,67 ^b	36,93± 0,13 ^c	37,57± 0,62 ^c
H28	31,18± 0,16 ^a	34,93± 0,20 ^b	35,85± 0,54 ^c	37,27± 0,39 ^{cd}

Keterangan: a,b = nota huruf pada baris yang sama serupa berarti tidak ada perbedaan nyata pada uji Duncan dengan tingkat nilai kepercayaan 5%
 KG0 = Karagenan dan gliserol
 KGA = Karagenan dan gliserol tambah Asam askorbat
 KGZ = Karagenan dan gliserol tambah Zink oksida

Parameter hasil pengukuran nilai a* dan b* di konversikan ke dalam satuan kromatik °hue. Nilai °hue mendeskripsikan warna murni yang menunjukkan warna dominan dalam campuran beberapa warna dan dinyatakan dalam sudut. Nilai °hue merupakan sudut dari warna yang mempunyai rentang 0° -360°. Representasi warna dari nilai °hue dapat dilihat pada Gambar 13. Pada sudut °hue 0° menunjukkan warna merah, kemudian memutar spektrum-spektrum warna itu ke sudut 360° untuk menyatakan warna merah lagi. Perubahan nilai °hue pada tomat selama penyimpanan dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 13 Representasi warna nilai °Hue



Gambar 14 Perubahan nilai °Hue tomat selama masa simpan

Gambar 14 menunjukkan nilai °hue tomat pada tiap perlakuan mengalami perubahan selama penyimpanan dari hijau ke merah. Perubahan warna ini disebabkan degradasi klorofil sehingga muncul karoten. Karoten dan senyawa fenol (substrat) akan mengalami oksidasi membentuk warna kecokelatan (Senjaya 2006). Ditandai dengan nilai °hue yang melewati nilai 60°. Perubahan nilai °hue tomat paling cepat terjadi tomat kontrol pada hari ke-12. Tomat dengan pelapisan *coating* karagenan mengalami perubahan warna pada hari ke-16 jika dibandingkan dengan tomat dengan perlakuan *coating* dengan penambahan senyawa antimikroba. Perlakuan dengan penambahan senyawa asam askorbat (KGA) dan zink oksida (KGZ) terjadi perubahan pada hari ke-20. Hasil penelitian Apriadi (2017) tomat ceri dengan *edible coating* aloe vera 50% menghasilkan nilai °hue pada hari ke-14 sebesar 73,23. Sehingga pada hari yang sama hasil penambahan karagenan dengan penambahan senyawa antimikroba bisa disimpulkan memiliki hasil lebih baik untuk mempertahankan nilai °hue. Hasil uji ANOVA pada Tabel 22 menunjukkan bahwa perlakuan *coating* karagenan dengan penambahan antimikroba berpengaruh nyata pada nilai °hue selama penyimpanan dari hari ke-0 sampai ke-28 serta hasil uji DMRT dapat dilihat pada Tabel 23.

Tabel 22 Hasil analisis sidik ragam (ANOVA) tomat pada parameter nilai °hue

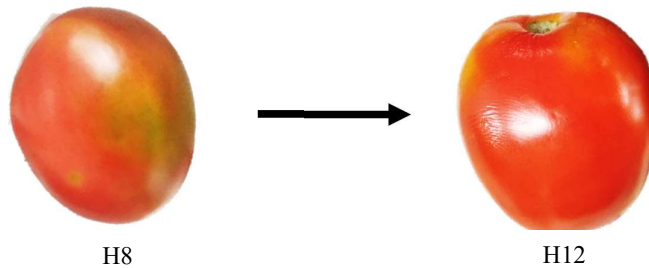
Day	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
H0	<i>Between Groups</i>	75,712	3	25,237	52,896	0,011
	<i>Within Groups</i>	3,817	8	0,477		
	<i>Total</i>	79,529	11			
H4	<i>Between Groups</i>	466,039	3	155,346	129,398	<,001
	<i>Within Groups</i>	9,604	8	1,201		
	<i>Total</i>	475,643	11			
H8	<i>Between Groups</i>	446,234	3	148,745	152,862	<,001
	<i>Within Groups</i>	7,785	8	0,973		
	<i>Total</i>	454,018	11			
H12	<i>Between Groups</i>	302,529	3	100,843	62,620	0,006
	<i>Within Groups</i>	12,883	8	1,610		
	<i>Total</i>	315,412	11			
H16	<i>Between Groups</i>	309,547	3	103,182	130,382	<,001
	<i>Within Groups</i>	6,331	8	0,791		
	<i>Total</i>	315,878	11			
H20	<i>Between Groups</i>	239,878	3	79,959	110,934	<,001
	<i>Within Groups</i>	5,766	8	0,721		
	<i>Total</i>	245,644	11			
H24	<i>Between Groups</i>	234,493	3	78,164	65,668	0,004
	<i>Within Groups</i>	9,522	8	1,190		
	<i>Total</i>	244,016	11			
H28	<i>Between Groups</i>	232,684	3	73,212	146,998	<,001
	<i>Within Groups</i>	5,491	8	0,686		
	<i>Total</i>	238,175	11			

Berdasarkan Tabel 23 hasil DMRT menunjukkan perbedaannya nyata antara perlakuan penambahan senyawa antimikroba dengan perlakuan lainnya. Nilai °Hue kontrol memiliki nilai yang cepat berubah dari hari ke-0 sebesar 93,07 (hijau ke kuning) sudah berubah menjadi merah pada hari ke-12 dengan nilai 52,00 dapat dilihat pada Gambar 15. Jika dilihat tomat dengan perlakuan *coating* karagenan dengan penambahan senyawa asam askorbat (KGA) dan zink oksida (KGZ). Perubahan warna merah terjadi pada hari ke-20 dengan nilai 58,64 untuk KGA dan 56,13 untuk KGZ. Hal ini ini membuktikan adanya pengaruh penambahan senyawa antimikroba terhadap warna tomat. Akan tetapi, selama penyimpanan dari kedua perlakuan penambahan senyawa antimikroba tidak memiliki perbedaan yang nyata satu sama lain.

Tabel 23 Hasil uji DMRT nilai °Hue tomat selama masa simpan

Lama Penyimpanan	Kontrol	KG0	KGA	KGZ
H0	93,07± 0,68 ^a	93,72± 0,95 ^a	98,77± 0,16 ^b	97,95± 0,71 ^b
H4	72,07± 1,87 ^a	80,30± 0,75 ^b	85,32± 0,49 ^c	88,60± 0,69 ^d
H8	60,42± 1,75 ^b	64,60± 0,65 ^b	70,65± 0,14 ^c	76,53± 0,60 ^d
H12	52,00± 1,46 ^a	58,71 ±0,85 ^b	65,37± 1,58 ^d	62,59± 1,03 ^c
H16	49,49± 0,81 ^a	54,77± 1,47 ^b	61,48± 0,39 ^c	61,67± 0,40 ^c
H20	47,19± 1,27 ^a	50,82± 0,75 ^b	58,64± 0,21 ^d	56,13± 0,80 ^c
H24	43,71± 1,40 ^a	48,28± 1,08 ^b	55,29± 1,00 ^d	52,75± 0,78 ^c
H28	40,89± 0,87 ^a	45,64± 0,64 ^b	53,04± 0,93 ^c	52,40± 0,83 ^c

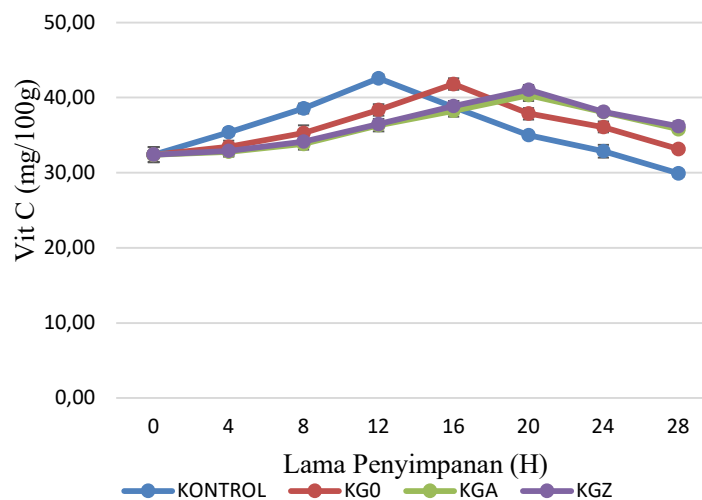
Keterangan: a,b = nota huruf pada baris yang sama serupa berarti tidak ada perbedaan nyata pada uji Duncan dengan tingkat nilai kepercayaan 5%
 KG0 = Karagenan dan gliserol
 KGA= Karagenan dan gliserol tambah Asam askorbat
 KGZ= Karagenan dan gliserol tambah Zink oksida



Gambar 15 Perubahan warna buah tomat kontrol selama penyimpanan

4.9 Vitamin C

Vitamin C merupakan merupakan vitamin yang banyak ditemukan pada sayuran maupun buah-buahan, manfaat yang baik pada tubuh manusia membuat vitamin C merupakan salah satu vitamin yang penting bagi tubuh. Vitamin C merupakan vitamin yang mudah larut dalam air (Ahmad 2013). Vitamin C dalam tomat tersusun dari banyak senyawa termasuk asam askorbat dan asam dehidroaskorbat tapi pada umumnya senyawa penyusun yang paling banyak adalah asam askorbat. Menurut Lee dan Kader (2000) banyak faktor yang dapat membuat nilai vitamin C pada suatu bahan hortikultura berubah-ubah seperti varietas, kematangan saat panen, penanganan pascapanen, faktor suhu dan kerusakan mekanis. Pada buah tomat nilai dari vitamin C akan naik sejalan proses perubahan warna yang dari awal hijau menjadi merah, serta jika warna sudah menghitam maka terjadi kerusakan pada vitamin C (Ririn 2013). Perubahan nilai kandungan vitamin C pada tomat dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 16 Nilai vitamin C tomat selama masa simpan

Gambar 16 menunjukkan perubahan nilai vitamin C pada tomat selama masa simpan terjadi kenaikan nilai kandungan vitamin C pada semua perlakuan sejalan dengan perubahan warna pada tomat dari warna hijau menjadi merah. Perlakuan kontrol mengalami kenaikan dan puncak pada hari ke-12 dengan nilai sebesar 42,58 mg/100g untuk perlakuan *coating* karagenan tanpa penambahan senyawa antimikroba puncak terjadi pada hari ke-16 dengan nilai sebesar 41,81 mg/100g. Hal ini membuktikan *edible coating* dengan karagenan mampu menahan kenaikan dari vitamin C pada tomat. Sedangkan untuk perlakuan dengan *coating* karagenan dengan penambahan senyawa antimikroba memiliki puncak yang sama pada hari ke-20 dengan nilai yaitu 40,32 untuk KGA dan 41,03 untuk KGZ. Hasil penelitian Purwanto dan Effendi (2016) pencelupan larutan *anti browning* asam askorbat dapat mencegah kenaikan vitamin C sampai hari ke-15 sebesar 17,17 mg/100g. Hasil penelitian Arroyoa *et al.* (2020) larutan *coating* yang memiliki kandungan nanopartikel ZnO menciptakan lapisan semi-permeabel di sekitar buah yang memungkinkan mencegah proses transpirasi dan juga menghambat laju perubahan vitamin C. Hasil penambahan karagenan dengan penambahan senyawa antimikroba bisa disimpulkan memiliki hasil lebih baik untuk menahan laju nilai vitamin C pada tomat. Pada Tabel 24 hasil uji ANOVA menunjukkan adanya perbedaan nyata yang signifikan antara perlakuan yang dikenakan pada tomat terhadap vitamin C dimulai hari ke-4 hingga hari ke-28.

Tabel 24 Hasil analisis sidik ragam (ANOVA) tomat pada parameter nilai vitamin C

Day	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
H0	Between Groups	0,000	3	0,000	0,000	1,000
	Within Groups	7,980	8	0,998		
	Total	7,980	11			
H4	Between Groups	14,263	3	4,754	1,556	0,001
	Within Groups	2,448	8	0,306		
	Total	16,711	11			
H8	Between Groups	42,502	3	14,167	4,068	<,001
	Within Groups	2,943	8	0,368		
	Total	45,445	11			
H12	Between Groups	76,432	3	25,477	4,774	<,001
	Within Groups	3,316	8	0,415		
	Total	79,748	11			
H16	Between Groups	23,715	3	7,905	13,838	0,002
	Within Groups	4,524	8	0,565		
	Total	28,238	11			
H20	Between Groups	67,295	3	22,432	14,153	<,001
	Within Groups	3,216	8	0,402		
	Total	70,511	11			
H24	Between Groups	54,985	3	18,328	23,576	<,001
	Within Groups	3,458	8	0,432		
	Total	58,443	11			
H28	Between Groups	75,911	3	25,304	18,895	<,001
	Within Groups	1,556	8	0,194		
	Total	77,467	11			

Berdasarkan Tabel 25 menyajikan hasil uji DMRT faktor perlakuan larutan *edible coating* berbahan dasar karagenan dengan penambahan senyawa antimikroba kepada perubahan nilai vitamin C selama masa simpan. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan senyawa antimikroba berupa asam askorbat dan zink oksida menjadi perlakuan yang dapat menahan laju perubahan vitamin C. Akan tetapi, selama penyimpanan dari kedua perlakuan penambahan senyawa antimikroba tidak memiliki perbedaan yang nyata satu sama lain.

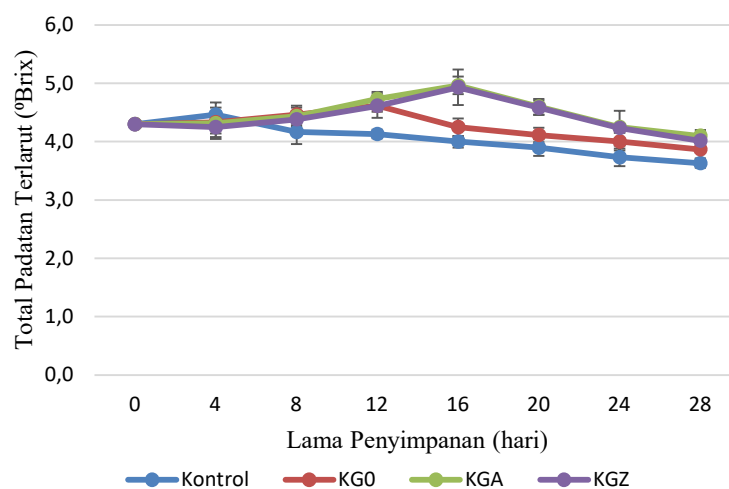
Tabel 25 Hasil uji DMRT vitamin C pada tomat selama masa simpan

Lama Penyimpanan	Kontrol	KG0	KGA	KGZ
H0	32,41± 0,99 ^a	32,41± 0,99 ^a	32,41± 0,99 ^a	32,41± 0,99 ^a
H4	35,41± 0,50 ^c	33,71± 0,54 ^b	32,61± 0,48 ^a	32,90± 0,66 ^{bc}
H8	38,55± 0,66 ^b	34,94± 0,52 ^a	33,82± 0,74 ^a	34,16± 0,44 ^a
H12	42,57± 0,49 ^c	38,35± 0,78 ^b	36,32± 0,82 ^a	36,47± 0,33 ^a
H16	38,73± 0,81 ^a	41,81± 0,78 ^b	38,22± 0,76 ^a	38,87± 0,62 ^a
H20	34,99± 0,09 ^a	37,86± 0,76 ^b	40,32± 0,78 ^c	41,03± 0,63 ^c
H24	32,86± 0,85 ^a	36,08± 0,72 ^b	38,08± 0,44 ^c	38,11± 0,51 ^c
H28	29,91± 0,47 ^a	33,14± 0,32 ^b	35,80± 0,28 ^c	36,20± 0,60 ^c

Keterangan: a,b = nota huruf pada baris yang sama serupa berarti tidak ada perbedaan nyata pada uji Duncan dengan tingkat nilai kepercayaan 5%
 KG0 = Karagenan dan gliserol
 KGA = Karagenan dan gliserol tambah Asam askorbat
 KGZ = Karagenan dan gliserol tambah Zink oksida

4.10 Total Padatan Terlarut

Total padatan terlarut (TPT) menggambarkan kadar total gula dan asam organik yang larut dalam produk. Oleh karena itu, nilai TPT dapat menunjukkan tingkat kemanisan buah (Sabarisman *et al.* 2015). TPT pada dasarnya adalah jumlah gula keseluruhan yang akan mengalami peningkatan pada tahap pematangan buah tomat (Sentosa 2007). Nilai total padatan terlarut secara umum akan meningkat seiring pertambahan waktu penyimpanan proses tersebut karena hidrolisis pati menjadi glukosa, fruktosa, dan sukrosa. Setelah mengalami fase kematangan nilai total padatan terlarut akan mengalami penurunan yang disebabkan karena sudah melewati fase kematangan (Purwanto dan Effendi. 2016). Hasil pengukuran TPT dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 17 Nilai total padatan terlarut tomat selama masa simpan

Gambar 17 menunjukkan perubahan nilai TPT tomat selama masa simpan, perubahan nilai total padatan terlarut (TPT) menunjukkan nilai puncak dari perlakuan berbeda-beda selama masa simpan. Hal tersebut terjadi karena adanya proses hidrolisis karbohidrat menjadi senyawa glukosa dan fruktosa dan dapat juga dipengaruhi oleh laju produksi CO_2 yang mengalami peningkatan (Humaeroh 2016). Penguraian pati menjadi gula-gula sederhana yang terjadi selama proses pematangan menyebabkan rasa tomat menjadi manis (Marlina *et al.* 2014) Hasil TPT untuk perlakuan kontrol didapat puncak pada hari ke-4 sebesar 4,5 °Brix selanjutnya disusul oleh perlakuan *coating* karagenan puncak terjadi pada hari ke-12 sebesar 4,61 °Brix. Terakhir perlakuan *coating* karagenan dengan penambahan senyawa antimikroba puncak terjadi pada hari ke-16 dengan nilai 4,96 °Brix untuk KGA dan 4,93 °Brix untuk KGZ. Penggunaan antimikroba berupa sari lengkuas merah pada tomat segar pada memberikan nilai TPT pada hari ke-21 sebesar 1,39 °Brix (Ayu *et al.* 2020). Hasil penelitian Aisyah *et al.* (2021) pengaruh penambahan minyak kayu manis pada *edible coating* untuk tomat pada hari ke-15 memiliki nilai TPT sebesar 0,30 °Brix. Hasil uji ANOVA dapat dilihat pada Tabel 26 menunjukkan bahwa perlakuan *coating* karagenan dengan penambahan

antimikroba berpengaruh nyata pada nilai perubahan total padatan terlarut selama penyimpanan dari hari ke-12 hingga ke-28.

Tabel 26 Hasil analisis sidik ragam (ANOVA) tomat pada nilai total padatan terlarut (TPT)

<i>Day</i>	<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
H0	<i>Between Groups</i>	0,000	3	0,000	0,000	1,000
	<i>Within Groups</i>	0,020	8	0,002		
	<i>Total</i>	0,020	11			
H4	<i>Between Groups</i>	0,042	3	0,014	0,397	0,759
	<i>Within Groups</i>	0,280	8	0,035		
	<i>Total</i>	0,322	11			
H8	<i>Between Groups</i>	0,164	3	0,055	2,066	0,183
	<i>Within Groups</i>	0,212	8	0,026		
	<i>Total</i>	0,376	11			
H12	<i>Between Groups</i>	0,641	3	0,214	11,267	0,003
	<i>Within Groups</i>	0,152	8	0,019		
	<i>Total</i>	0,793	11			
H16	<i>Between Groups</i>	2,137	3	0,712	19,104	<,001
	<i>Within Groups</i>	0,298	8	0,037		
	<i>Total</i>	2,436	11			
H20	<i>Between Groups</i>	1,217	3	0,406	24,346	<,001
	<i>Within Groups</i>	0,133	8	0,017		
	<i>Total</i>	1,351	11			
H24	<i>Between Groups</i>	0,529	3	0,176	3,680	0,062
	<i>Within Groups</i>	0,383	8	0,048		
	<i>Total</i>	0,912	11			
H28	<i>Between Groups</i>	0,398	3	0,133	10,426	0,004
	<i>Within Groups</i>	0,102	8	0,013		
	<i>Total</i>	0,499	11			

Hasil uji DMRT pada Tabel 27 menunjukkan perbedaan nyata antara perlakuan penambahan senyawa antimikroba dengan perlakuan lainnya. Menurut Suketi *et al.* (2010) bahwa kandungan TPT daging buah bertambah dengan meluasnya warna kuning pada permukaan sampai tingkat 80%. Selama penyimpanan dari kedua perlakuan penambahan senyawa antimikroba tidak memiliki perbedaan yang nyata satu sama lain. Hal tersebut menunjukkan penambahan senyawa antimikroba pada tomat dapat menahan perubahan nilai TPT selama penyimpanan dan diantara perlakuan senyawa antimikroba asam askorbat dan zink oksida tidak berbeda nyata.

Tabel 27 Hasil uji DMRT nilai TPT tomat selama masa simpan

Lama Penyimpanan	Kontrol	KG0	KGA	KGZ
H0	4,3± 0,05 ^a	4,3± 0,05 ^a	4,3± 0,05 ^a	4,3± 0,05 ^a
H4	4,5± 0,21 ^a	4,3± 0,25 ^a	4,3± 0,18 ^a	4,3± 0,20 ^a
H8	4,2± 0,21 ^a	4,5± 0,15 ^a	4,4± 0,15 ^a	4,4± 0,13 ^a
H12	4,1± 0,07 ^a	4,6± 0,20 ^b	4,7± 0,12 ^b	4,6± 0,10 ^b
H16	4,0± 0,10 ^a	4,2± 0,15 ^a	4,9± 0,15 ^b	4,9± 0,30 ^b
H20	3,8± 0,13 ^a	4,1± 0,12 ^b	4,6± 0,13 ^c	4,5± 0,12 ^c
H24	3,7± 0,15 ^a	4,0± 0,15 ^b	4,3± 0,05 ^c	4,2± 0,30 ^{bc}
H28	3,6± 0,07 ^a	3,8± 0,15 ^b	4,1± 0,10 ^c	4,0± 0,10 ^{bc}

Keterangan: a,b = nota huruf pada baris yang sama serupa berarti tidak ada perbedaan nyata pada uji Duncan dengan tingkat nilai kepercayaan 5%

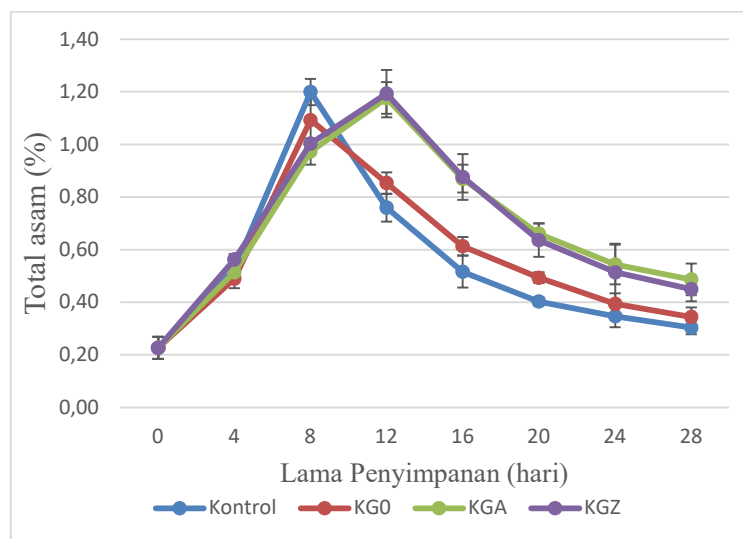
KG0 = Karagenan dan gliserol

KGA= Karagenan dan gliserol tambah Asam askorbat

KGZ= Karagenan dan gliserol tambah Zink oksida

4.11 Total Asam

Total asam pada buah atau menunjukkan adanya kandungan asam organik yang menyusun dan akan menurun selama proses pematangan yang akan digantikan oleh kandungan gula (Novita *et al.* 2012). Menurut Isnaini (2009) menyatakan bahwa total asam buah akan meningkat pada tingkat kematangan awal dan akan menurun lagi pada buah yang mendekati busuk. Hal ini dapat terjadi karena komponen asam pada buah dan sayur merupakan metabolit sekunder atau produk samping dari siklus metabolisme sel, seperti asam malat, asam oksalat dan asam sitrat yang dihasilkan dari siklus krebs (Angelia 2017). Perhitungan hasil nilai total asam dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 18 Nilai total asam tomat selama masa simpan

Gambar 18 menunjukkan perubahan nilai total asam tomat selama masa simpan didapat perubahan nilai total asam menunjukkan nilai puncak dari perlakuan berbeda-beda selama masa simpan. Penghambatan terjadi pada tomat yang dengan perlakuan *coating* hal itu dapat terjadi karena selama proses respirasi

selain gula asam organik termasuk dalam proses dioksidasi, sehingga bila laju respirasi suatu produk tinggi maka laju pengurangan asam organik juga semakin cepat (Sari *et al.* 2019). Puncak dari dua perlakuan *coating* karagenan dengan penambahan senyawa antimikroba ada di hari ke-12 dengan nilai 1,17% untuk KGA dan 1,19% untuk KGZ, sedangkan untuk perlakuan tanpa penambahan senyawa antimikroba terjadi pada hari ke-8, hasil grafik menunjukkan nilai perlakuan *coating* karagenan lebih kecil dari kontrol untuk hari yang sama. Hasil penelitian Tetelepta *et al.* (2019) tomat yang diberikan larutan *edible coating* pati ubi kayu dan gliserol memiliki nilai total asam pada hari ke-15 sebesar 0,45%. Adapun penelitian dari Zhou *et al.* (2022) penambahan senyawa antimikroba berupa kitosan pada larutan *edible coating* pada pepaya hanya menahan nilai total asam pada hari ke-16 sebesar 0,61%. Hasil uji ANOVA dapat dilihat pada Tabel 28 menunjukkan bahwa perlakuan *coating* karagenan dengan penambahan antimikroba berpengaruh nyata pada nilai perubahan total asam selama penyimpanan dari hari ke-8 hingga ke-28.

Tabel 28 Hasil analisis sidik ragam (ANOVA) tomat pada parameter nilai total asam

Day	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
H0	Between Groups	0,000	3	0,000	0,000	1,000
	Within Groups	0,014	8	0,002		
	Total	0,014	11			
H4	Between Groups	0,008	3	0,003	2,668	0,117
	Within Groups	0,008	8	0,001		
	Total	0,017	11			
H8	Between Groups	0,094	3	0,031	10,490	0,004
	Within Groups	0,024	8	0,003		
	Total	0,117	11			
H12	Between Groups	0,443	3	0,148	36,452	<,001
	Within Groups	0,032	8	0,004		
	Total	0,475	11			
H16	Between Groups	0,299	3	0,100	25,913	<,001
	Within Groups	0,031	8	0,004		
	Total	0,330	11			
H20	Between Groups	0,133	3	0,044	27,701	<,001
	Within Groups	0,013	8	0,002		
	Total	0,146	11			
H24	Between Groups	0,078	3	0,026	5,121	0,029
	Within Groups	0,041	8	0,005		
	Total	0,119	11			
H28	Between Groups	0,061	3	0,020	9,741	0,005
	Within Groups	0,017	8	0,002		
	Total	0,078	11			

Hasil uji DMRT pada Tabel 29 menunjukkan perbedaan nyata antara perlakuan penambahan senyawa antimikroba dengan perlakuan lainnya. Secara umum pelapisan dapat mempertahankan kualitas tomat segar karena dapat mempertahankan total asam organik. Nilai total asam merupakan indikator untuk kualitas rasa masam buah dan penentu interaksi dengan reseptor di lidah manusia (Arroyo *et al.* 2020). Selama penyimpanan dari kedua perlakuan penambahan

senyawa antimikroba tidak memiliki perbedaan yang nyata satu sama lain namun memiliki perbedaan nyata dengan perlakuan tanpa *coating*. Hal tersebut menunjukkan penambahan senyawa antimikroba pada tomat dapat menahan nilai total asam selama penyimpanan dan di antara perlakuan senyawa antimikroba asam askorbat dan zink oksida tidak berbeda nyata.

Tabel 29 Hasil uji DMRT nilai total asam tomat selama masa simpan

Lama Penyimpanan	Kontrol	KG0	KGA	KGZ
H0	0,23± 0,04 ^a	0,23± 0,04 ^a	0,23± 0,04 ^a	0,23± 0,04 ^a
H4	0,21± 0,05 ^a	0,25± 0,04 ^a	0,51± 0,02 ^b	0,56± 0,02 ^b
H8	1,2±0,05 ^c	1,09±0,08 ^b	0,97±0,05 ^a	1,0±0,01 ^{ab}
H12	0,76±0,05 ^a	0,85±0,04 ^b	1,17±0,06 ^b	1,19±0,09 ^b
H16	0,51±0,06 ^a	0,61±0,03 ^a	0,87±0,05 ^b	0,87±0,08 ^b
H20	0,40±0,01 ^a	0,49±0,02 ^b	0,66±0,04 ^c	0,63±0,04 ^c
H24	0,34±0,04 ^a	0,39±0,04 ^{ab}	0,54±0,07 ^c	0,51±0,10 ^{bc}
H28	0,30± 0,02 ^a	0,36± 0,04 ^{ab}	0,48± 0,06 ^c	0,45± 0,04 ^{bc}

Keterangan: a,b = nota huruf pada baris yang sama serupa berarti tidak ada perbedaan nyata pada uji Duncan dengan tingkat nilai kepercayaan 5%
 KG0 = Karagenan dan gliserol
 KGA= Karagenan dan gliserol tambah Asam askorbat
 KGZ= Karagenan dan gliserol tambah Zink oksida

V SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Perlakuan *coating* memberikan pengaruh yang baik kepada tomat untuk memperpanjang umur simpan dan juga parameter mutu. Penggunaan karagenan sebagai bahan *coating* dengan tambahan senyawa antimikroba terbukti memberikan perbedaan terhadap perlakuan kontrol dengan menekan nilai parameter yang diuji. Formulasi *coating* karagenan dengan penambahan asam askorbat 1 gram (KGA) dan *coating* karagenan dengan penambahan zink oksida 1 gram (KGZ) mejadi perlakuan *coating* yang efektif dalam mempertahankan kualitas mutu dan memperpanjang daya simpan tomat sehingga terpilih menjadi fomulasi yang terbaik.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan perlakuan yang optimum baik perbedaan konsentrasi maupun pada senyawa yang digunakan untuk membuat larutan *coating*. Perlu diperhatikan tomat memiliki kulit yang licin jadi tidak semua formulasi bisa melapisi permukaan secara merata. Penambahan senyawa antimikroba (minyak atsiri) atau senyawa lainnya untuk mengetahui senyawa antimikroba mana yang memiliki hasil paling optimum untuk menjadi antimikroba pada tomat. Perlu dilakukan uji organoleptik (warna, rasa, aroma dan kesegaran) untuk menentukan tingkat kesukaan panelis terhadap tomat yang diuji dan tambahkan parameter permeabilitas lapisan *coating* terhadap gas O₂ dan CO₂. Larutan bahan *coating* yang sudah dibuat sebaiknya disimpan pada suhu ruang dengan wadah yang tertutup, serta tidak lebih dari 1 bulan. Karena semakin lama disimpan apa lagi sudah terpakai akan membuat larutan *coating* menggumpal dan tidak dapat melapisi lagi dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2008. SNI 2897:2008 tentang Metode Pengujian Cemaran Mikroba dalam Daging, Telur dan Susu serta Hasil Olahannya. Jakarta:BSN.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2009. SNI 7388:2009 tentang Batasan Maksimum Cemaran Mikroba dalam Pangan. Jakarta:BSN.
- Abbasi NA, Iqbal Z, Maqbool M, Hafiz IA. 2009. Postharvest quality of mango (*Mangifera indica* L.) fruit as affected by chitosan coating. *Pakistan Journal of Botany*. 41(1):343-357.
- Aditha. 2023. Formulasi dan Analisis Losion Berbahan Emulsifier Sukrosa Ester [skripsi]. Bogor: IPB university.
- Afifah N, Sholichah E, Indrianti N, Darmajana DA. 2018. Pengaruh kombinasi *plazticizer* terhadap karakteristik *edible film* dari karagenan dan lilin lebah. *BIOPROPAL INDUSTRI*. 9(1):49-60.
- Agustin F, Putri WDR. 2014. Pembuatan *Jelly Drink Averrhoa Blimbi* L. (Kajian proporsi belimbing wuluh: Air dan Konsentrasi Karagenan). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 2(3):1-9.
- Ahmad U. 2013. *Teknologi Penanganan Pascapanen Buah dan Sayuran*. Yogyakarta (ID): Graha ilmu.
- Ahmed M, Saini P, Iqbal U, Kirti. 2023. Bio cellulose-based edible composite coating for shelf-life extension of tomatoes. *Food and Humanity*. 1:973-984.
- Aisyah Y, Murlida R, Maulizar TA. 2021. Effect of the edible coating containing cinnamon oil nanoemulsion on storage life and quality of tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill) fruits. *IOP Conf. Ser: Earth Environ. Sci*. 951 (2022). <https://doi:10.1088/1755-1315/951/1/012048>
- Almatsier S. 2011. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Jakarta (ID): PT. Gramedia Utama.
- Al-Nabulsi A, Osaili T, Sawalha A, Olaimat AN, Albiss BA, Mehyar G, Ayyash M, Holley R. 2020. Antimicrobial activity of chitosan coating containing ZnO nanoparticles against *E. coli* O157:H7 on the surface of white brined cheese. *International Journal of Food Microbiology*. 334. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108838>
- Andriani. 2013. Analisis total mikroba dan nilai gizi (protein) pada lwa bale makanan tradisional Sulawesi Selatan [skripsi]. Makassar (ID): Universitas Islam Negeri Alaudin.
- Angelia IO. 2017. Kandungan ph, total asam tertitrasi, padatan terlarut dan vitamin c pada beberapa komoditas hortikultura. *Journal of Agritech Science*. 1(2):68-74.
- Apriadi A. 2017. Pemanfaatan Gel Lidah Buaya (*Aloe vera* L) sebagai *Edible Coating* untuk Memperpanjang Umur Simpan Tomat Ceri (*Lycopersicon lycopersicum*) [skripsi]. Bogor: IPB university.
- Arief HS, Pramono YB, Bintoro VP. 2012. The influence of different concentration form edible coating to protein, water holding capacity and water activity in beef meatball at shelflife period. *Animal Agriculture Journal*. 1(2):100-108.
- Arini LDD. 2017. Faktor faktor penyebab dan karakteristik makanan kadaluarsa yang berdampak buruk pada Kesehatan masyarakat. *Jurnal Tekonologi dan Industri Pangan*. 2(1):15-24.

- Arroyo BJ, Bezerra AC, Oliveira LL, Arroyo SJ, Melo EAD, Santos AMP. 2020. Antimicrobial active edible coating of alginate and chitosan add ZnO nanoparticles applied in guavas (*Psidium guajava* L.) *Food Chemistry*. 309:125-156.
- Awan S, Shahzai K, Javad S, Tariq A, Ahmad A, Ilyas S. 2021. Preliminary study of influence of zink oxide nanoparticles on growth parameters of *Brassica oleracea* Var. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 20:18-24.
- Ayu DF, Efendi R, Johan VS, Habibah L. 2020. Penambahan sari lengkuas merah (*Alpina urpurata*) dalam edible coating sagu meranti terhadap sifat kimia, mikrobiologi dan kesukaan buah tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill). *JTIP*. 12(1):1-7.
- Baldwin EA and Wood B. 2006. Use of Edible Coating to Preserve Pecans at Room Temperature. *Journal of Horticultural Science*: p 188-192.
- Bapat VA, Trivedi PK, Ghosh A, Sane A, Ganapahti TR, Nath P. 2010. Ripening of fleshy fruit:molecular insight and the role of ethylene. *Biotechnonologist Advances*. 28:94-107.
- Belitz HD, Grosch W, Schieberle P. 2009. Springer food chemistry 4th revised and extended edition. *Annual Review Biochemistry*. 79:655-681.
- Bergo P, Sobral. 2007. Effects of Plasticizer on Physical Properties of Pigskin Gelatin Films". *Food Hydrocolloids*. 21: 1285-1289.
- Brayner R, Ferrari-Lliou R, Brivois N, Djediat S, Bebedetti MF, Fievet F. 2006. Toxicology impact studies based on *Escherichia coli* bacteria in ultrafine ZnO nanoparticles colloidal medium. *Nano Letters*. 6 :866–870.
- Budiyanto D, Silsia, Deri. 2007. Kajian jenis dan konsentrasi emulsifier untuk menghasilkan emulsi minyak Sawit merah yang stabil. *Seminar dan Rapat Tahunan (Semirata)*. Pekanbaru 23-26 Juli 2007.
- Chacon XR, Esquivel JC, Montanez J, Carbo AF, Vega ML, Rodriguez RD, Brambila GS. 2017. Guar gum as an edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of Roma tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Food Quality*. 1:1-9. <https://doi.org/10.1155/2017/8608304>
- Chavan VA, Yumlembam RA, Sewakram K, Raghuwanshi, Borkar SG. 2017. Fungicide resistance in *Alternaria* leaf blight pathogen in tomato crop grown in Satara District. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 6(6):1736-1739.
- Ermawati D. 2019. Aplikasi pre-treatment ultrasonic-ozon dan edible coating terhadap umur simpan strawberry (*Fragraris sp*) [skripsi]. Malang: Universitas Brawijaya.
- Fagundes C, Paloub L, Monteiroa AR, Perez-Gago MB. 2015. Hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible coatings formulated with antifungal food additives to reduce *Alternaria* black spot and maintain postharvest quality of cold-stored cherry tomatoes. *Scientia Horticulturae*. 193: 249-257.
- FAO. 2013. Penanganan Pascapanen GHP Buah dan Sayuran. *Booklet*.
- Firdous N, Khan MR, Butt MS, Shahid M. 2020. Application of aloe vera gel based edible coating to maintain postharvest quality of tomatoes. *J. Agri. Sci*. 57(1):245-249.

- Fuaddi T. 2018. Pengaruh pelapisan lilin lebah (Beeswax) terhadap kualitas pisang ambon lumut (*Musa paradisiaca* var. *Sapientum* L) pada penyimpanan suhu ruang [skripsi]. Padang: Universitas Andalas.
- Ganane T. 2013. Effect of postharvest treatment on storage behavior and quality of tomato fruit. *World Journal of Agriculture Sciences*. 9(1):29-37.
- Gebregziabher AA, Supriyadi S, Indarti S, Settyowati L. 2021. Texture profile and pectinase activity in tomato fruit (*Solanum lycopersium*, *servo F1*) at different maturity stages and storage temperatures. *Journal id Agro Science*. 9(1):20-34.
- Guarav AK, Neha P. 2018. Edible coating technology for extending market life of horticultural produce. *Acta Scientific Agriculture*. 2(5):55-64.
- Gulzar N, Kamili AN, Mir MY. 2018. The process of early blight disease development in tomato. *Journal of Research & Development*. 18:112-115.
- Haryati. 2017. Pemanfaatan biji durian sebagai bahan baku plastik *biodegradable* dengan plasticizer gliserol dan bahan baku pengisi CaCo₃. *Jurnal Teknik Kimia*. 1(23): 2-4.
- Hasbullah R. 2007. Teknik pengukuran laju respirasi produk *hortikultura* pada kondisi *atmosfir* terkendali bagian I: metode sistem tertutup. *Jurnal Keteknik Pertanian*. 21(4):420-428.
- Hassan B, Chatha SAS, Hussain AI, Zia KM, Akhtar N. 2018. Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*. 109: 1095–1107. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.097>
- Hayati R, Syamsuddin, Naulina AF. 2022. Konsentrasi ekstrak daun cincai hijau (*Cyclea barbata* Miers) sebagai edible coating terhadap kualitas dan masa simpan buah tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Jurnal Agrium*. 19(4):328-335.
- Heri S. 2015. Pengaruh Penambahan Nanopartikel ZnO dan Kalium Sorbat pada *Edible Coating* Karagenan dalam Mempertahankan Kesegaran Buah Stroberi (*Fragaria* sp.) [skripsi]. Bogor: IPB Univeristy.
- Hetzroni A, Vana A, Mizrach A. 2011. Biomechanical characteristics of tomato fruit peels. *Postharvest Biology and Technology*. 59:80-84. <https://doi.org/10.1002/jsfa/10903>
- Humaeroh I. 2016. Aplikasi pelapisan lidah buaya (*Aloe vera* L.) dan penyimpanan suhu dingin untuk meningkatkan daya simpan buah papaya callina (*Carica papaya* L. *IPB 9*) [skripsi]. Bogor (ID). Institut Pertanian Bogor.
- Isnaini, N. 2009. Pengaruh *Edible Coating* Terhadap Kecepatan Penyusutan Berat Apel Potongan [skripsi]. Surabaya (ID): Universitas Surabaya.
- Janurianti NMD, Utama IMS, Gunam IBW. 2021. Antibacterial activity of aloe vera gel-based adible coating with the addition of gum Arabic and ascorbic acid. *AJARCADE*. 5(1):1-4.
- Johansyah, A., Prihastanti, E., dan Kusdiyantini, E. 2014. Pengaruh Plastik Pengemas Low Density Polyethylene (LDPE), Hgh Density Polyethylene (HDPE), dan Polipropilen (PP) Terhadap Penundaan Kematangan Buah Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. 22 (1): 46-57.
- Kismaryanti A. 2007. Aplikasi gel lidah buaya (*Aloe vera* L.) sebagai *edible coating* pada pengawetan tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

- La DD, Nguyen PT, Le KH, Nguyen PTM, Nguyen MDB, Nguyen MTH, Chang SW, Tran LD, Chung JW. (2021). Effects of antibacterial ZnO nanoparticles on the performance of a chitosan and gum Arabic edible coating for post-harvest banana preservation. *Journal Progress in Organic Coatings*. 15(1):10-19.
- Lee SK, Kade AA. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*. 20(3):207-220.
- Lestari CP. 2008. Aplikasi edible coating gel lidah buaya (*Aloe vera L.*) pada pengawetan buah strawberry (*Fragaria sp.*) [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Levianan W dan Paramita V. 2017. Pengaruh suhu terhadap kadar air dan aktivitas air dalam bahan pada kunyit (*Curcuma Longa*) dengan alat pengering *Electrial Oven* [skripsi]. Universitas Diponegoro.
- Lila HK. 2015. Pengaruh Pengemasan pada Suhu Penyimpanan terhadap Mutu Buah Tomat (*Lycopersicum esculentum*) [skripsi]. Makassar: Universitas Mulsim Indonesia
- Limon T, Birke A, Monribot-Villanueva JL, Guerrero-Analco J A, Altúzar-Molina A, Carrion G, Goycoolea FM, Moerschbacher BM, Aluja M. (2021). Chitosan coatings reduce fruit fly (*Anastrepha obliqua*) infestation and development of the fungus *Colletotrichum gloeosporioides* in Manila mangoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 101(7): 2756–2766.
- Mahadin MDB. 2015. Aplikasi *edible coating* berbasis pati singkong untuk memperpanjang umur simpan buah naga terolah minimal [skripsi]. Bogor (ID). Institut Pertanian Bogor.
- Makhluf S, Dror R, Nitzan Y, Abramovich Y, Jelinek R, Gedanken A. 2005. Microwave-assisted synthesis of nanocrystalline MgO and it's uses a bactericide. *Advanced Functional Materials*. 15:1708–1715.
- Manurung S. 2015. Penanganan Pascapanen Tomat (*Lycopescircum esculentum*) untuk Meningkatkan Keuntungan di Mitra Tani Parahyangan Kabupaten Cianjur Provinsi Jawa Barat [skripsi]. Padang: Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh.
- Marlina L, Purwanti YA, Ahmad U. 2014. Aplikasi pelapisan kitosan dan lilin lebah untuk meningkatkan umu simpan salak pondoh. *Jurnal Keteknikan Pertanian*. 28(1):65-72.
- Maul F. 2005. Tomato Flavor and Aroma Quality as Affected by Storage Temperature. *Journal Food Science*. 65(7):19-26.
- Meindrawan B, Suyatma NE, Wardana AA, Pamela VY. 2018. Nanocomposite coating based on carrageenan and ZnO nanoparticles to maintain the storage quality of mango. *Food Packaging and Shelf Life*. 18(2018):140-146. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.10.006>
- Naidu AS. 2003. *Natural Food Antimicrobial Systems*. Boca Raton: CRC Press.
- Nayik GA, Majid I, Kumar V. 2015. Developments in Edible films and Coatings for the extension of Shelf Life of Fresh Fruits. *American Journal of Nutrition and Food Science*. 2(1):16-20.
- Niam RK. 2009. Aplikasi *Edible Caating* Berbasis Kappa-Karagenan dengan Penambahan CMC untuk Memperpanjang Umur Simpan Buah Salah Pondoh (*Sallacca edulis Reinw.*) [skripsi]. Bogor: IPB university.

- Nofriati D, Izhar L, Primilestari S. 2018. *Penanganan Pascapanen Tomat*. Jambi (ID): Balai Pengkajian Teknologi Penelitian Jambi.
- Novita M, Satriana, Martunis. 2012. Pengaruh pelapisan kitosan terhadap sifat fisik dan kimia tomat segar (*Lycopersium pyriforme*) pada berbagai tingkat kematangan. *Jurnal Teknologi dan Industri*. 4(3):1-7.
- Nurhayati, Budiyanto. 2016. Stabilitas dan penerimaan emulsi sawit merah menggunakan berbagai konsentrasi Tween 80. *Jurnal Agroindustri*. 6(2):80-87.
- Oktaviani AD. 2021. Aplikasi coating berbahan tepung lidah buaya dan karagenan untuk mempertahankan mutu bunga telang (*Clitoria ternatea L.*) [skripsi]. Bogor: Institusi.
- Pangesti AK. 2016. Application of Carboxymethyl Cellulose (CMC) from Pineapple Core as Edible Coating for Grape Tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill. 'Santa') During Storage [skripsi]. Bogor: IPB university.
- Popescu PA, Palade LM, Nicolae IC, Popa EE, Mitelut AC, Draghici MC, Matei F, Popa ME. 2022. Chitosan-based edible coating containing essential oils to preserve the shelf life and postharvest quality parameters of organic strawberries and apples during cold storage. *Foods*.11(21):1-18. <https://doi.org/10.3390/foods11213317>
- Pose G, Patriarca A, Kyanko V, Pardo A, Pinto VF. (2010). Water activity and temperature effects on mycotoxin production by *Alternaria alternata* on a synthetic tomato medium. 142(3):348-353.
- Prastya OA. 2015. Pengaruh pelapisan campuran minyak wijen dan minyak sereh terhadap mutu dan masa simpan buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill) [skripsi]. Bali (ID): Universitas Udayana.
- Pujimulyani D. 2012. *Teknologi Pengolahan Sayur-Sayuran dan Buah-Buahan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Purwanto YA dan Effendi RN. 2016. Penggunaan asam askorbat dan lidah buaya untuk menghambat pencoklatan pada buah potong apel Malang. *Jurnal Keteknik Pertanian*. 4(2):203-210.
- Putra SHJ. 2022. Pengolahan pascapanen buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill) menggunakan edible coating berbahan dasar pati batang talas (*Colocasia esculenta*). *Jurnal Ilmiah Pertanian*. 18(1):35-41.
- Putri DA, Sulistyowati D, Ardhiani T. 2019. Analisis penambahan *carboxymethyl Cellulose* terhadap *edible film* pati umbi Garut sebagai pengemas buah Strawberry. *Jurnal Riset Sain dan Teknologi*. 3(2):77-83.
- Rahmawati, I. S., Hastuti, E. D., dan Darmanti, S. 2011. Pengaruh Perlakuan Konsentrasi Kalsium Klorida (CaCl₂) dan Lama Penyimpanan Terhadap Kadar Asam Askorbat Buah Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 12 (1): 62-70.
- Ramasari EL, Maruf WF, Riyadi PH. 2012. Aplikasi karagenan sebagai emulsifier dalam pembuatan sosis ikan tenggiri pada penyimpanan suhu ruang. *Jurnal Perikanan*. 1(2): 1-8.
- Ray B. 2001. *Fundamental Food Microbiology* (2nd ed). Boca Raton (US):CRC Press.
- Ririn. 2013. Kajian efektivitas asam askorbat dan lidah buaya untuk menghambat pencoklatan pada buah potong apel malang [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

- Rocha CN, Morais MD. 2003. Shelf life of minimally processed apple (cv. Jonagored) determined by color changes. *Food Control*. 14(1):13-20.
- Rudito. 2005. Perlakuan komposisi gelatin dan asam sitrat dalam *edible coating* yang mengandung gliserol pada penyimpanan tomat. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 6(1):1-6.
- Rulaningtyas R, Suksmono BA, Mengko LRT, Putri SGA. 2015. Segmentasi citra berwarna dengan menggunakan metode clusteing berbasis patch untuk identifikasi *Mycobacterium tuberculosis*. *Jurnal Biosains Pascasarjana*. 17(1):19. <http://doi:10.20473/jbp.v17i1.2015.19-25>
- Rusli A, Metusalach, Salengke, Tahir MM. 2017. Karakterisasi edible film karagenan dengan pemlastis gliserol. *Jurnal Teknologi Pertanian Universitas Hasanuddin*. 20(2): 219-229.
- Sabarisman I, Suyatna NE, Ahmad U, Taqi FM. 2015. Aplikasi nanocoating berbasis pektin dan nanopartikel ZnO untuk mempertahankan kesegaran salak pondoh. *Jurnal Mutu Pangan*. 2(1):50-56.
- Saleem MS, Anjum MA, Naz S, Ali S, Hussain S, Azam M, Sardar H, Khaliq G, Canan I, Ejaz S. 2021. Incorporation of ascorbic acid in chitosan-base edible coating improves postharvest quality and storability of strawberry fruit. *International Journal of Biological Macromolecule*. 189:160-169. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.08.051>
- Santoso MAR, Liviaty E, Afrianto E. 2017. Efektivitas ekstrak daun mangga sebagai pengawet alami terhadap masa simpan filet nila pada suhu rendah. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 8(2):57-67.
- Sari RN, Novita DD, Sugianti C. 2015. Pengaruh konsentrasi tepung karagenan dan gliserol sebagai *edible coating* terhadap perubahan mutu buah stroberi (*Fragaria x ananassa*) selama penyimpanan. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 4(4):305-314.
- Senjaya AT. 2006. Kajian penyimpanan buah rambutan (*Nephelium lappaceum Linn*) dalam kemasan atmosfer termodifikasi [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Sentosa B. 2007. Penentuan umur petik dan pelapisan lilin buah salak pondoh selama penyimpanan pada suhu ruang. *Jurnal Hortikultura Indonesia*. 8(3):152-157.
- Sinaga RF, Ginting GM, Ginting MHS, Hasibuan R. 2019. Pengaruh penambahan gliserol terhadap sifat kekuatan tarik dan pemanjangan saat putus bioplastic pati umbi talas. *Jurnal Teknik Kimia*. 3(2):19-24.
- Singh RK and Singh AK. 2012. Optimization of Reaction Conditions for Preparing Carboxymethyl Cellulose from Corn Cob Agricultural Waste. *Waste Biomass Valor*.
- Sirisomboon P, Lapchareonsuk R. 2012. Evaluation of the physicochemical and textural properties of pomelo fruit following storage. *Fruits*. 67(6):399-413.
- Sirisomboon P, Tanaka M, Kojima T. 2012. Evaluation of tomato textural mechanical properties. *Journal of Feed Engineering*. 111:618-624.
- Suganda T, Komalasari P, Yulia E, Natawigena WD. 2020. Uji In Vitro keefektifan ekstrak air daun dan bunga kembang telang (*Clitoria ternatea L.*) terhadap jamur *Alternaria solana* penyebab penyakit bercak coklat pada tanaman tomat. *Jurnal Agrikultura*. 31(2):88-96.

- Sukkary MM, Nagla A, Aid SI, dan Azab WI. (2007). Synthesis and characterization of some alkyl polyglycosides surfactans. *Journal of Dispersion and Technology*. 2(1): 129-137.
- Sulasma NW, Utama IMS, Arthawa IGKA. 2021. Pengaruh pelapisan gel lidah buaya dengan campuran asam askorbat dan kalium sorbat terhadap susut bobot, pH dan organoleptic buah melon potong segar. *Jurnal Biosistem dan Teknik Pertanian*. 9(2):159-166.
- Sulistiyowati A, Sedyadi E, Prabawati SY. 2019. Pengaruh penambahan ekstrak jahe (*Zingiber Officinale*) sebagai antioksidan pada *edible film* pati ganyong (*Canna edulis*) dan lidah buaya (*Aloe vera* L) terhadap masa impan buah tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Analytical and Environmental Chemistry*. 4(1):1-12.
- Syahidan AMAM. 2009. Kajian hasil riset potensi antimikroba dan aplikasi antimikroba alami pada bahan pangan hewani [skripsi]. Bogor: IPB university.
- Szuts A, Szabó-révész P. 2012. Sucrose esters as natural surfactants in drug delivery systems — A mini-review. *International Journal of Pharmaceutics*. 433(2012):1–9. <https://doi:10.1016/j.ijpharm.2012.04.076>
- Tadros TF. 2013. *Emulsion Formation, Stability and Rheology*. First Edition. Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH
- Tandi J, Novrianto KG. 2017. Formulasi tabir surya zink oksida dalam sediaan krim dengan variasi konsentrasi ekstrak anggur hitam (*Vitis vinivera* L). *Jurnal Sains dan Kesehatan*. 1(7):352-358.
- Tang X, Alavi S, Herald TJ. 2008. Effects of plasticizers on the structure and properties of starch–clay nanocomposite films. *Carbohydrate Polymers*. 74 (2008).552–558.
- Tapotubun AM, Nanlohy EEEM, Louhenapessy JM. 2008. Efek waktu pemanasan terhadap mutu presto beberapa ikan. *Ichthyos*. 7(2):65-70.
- Teng Y, Stewart SG, Hai Y, Li X, Banwell MG. 2020. activities and structure-property profiles Sucrose fatty acid esters: synthesis, emulsifying capacities, biological activities and structure- property profiles. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 1(4):1–21. <https://doi:10.1080/10408398.2020.1798346>
- Tetelepta G, Picauly P, Polnaya FJ, Breemer R, Augustyn HG, 2019. Pengaruh *edible coating* jenis pati terhadap mutu buah tomat selama penyimpanan. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 8(1):29-33.
- Tilaar M, Ranti AS, Wasitaatmadja SM, Suryaningsih, Junardy FD, Maily. 2007. Review of *Lansium domesticum* Correa and its use in cosmetics. *J. Bol Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas*. 7(4): 183-189.
- Uswatun H. 2009. Pemanfaatan pelapisan lidah buaya (*Aloe vera* L) sebagai *edible coating* untuk mempertahankan mutu paprika (*Capsium annum*) [skripsi]. Bogor (ID). Institut Pertanian Bogor.
- Utama IMS dan Antara NS. 2013. Pasca Panen Tanaman Tropika: Buah dan Sayur. *Tropical Plant Curriculum Project*, Udayana University.
- Utama IMS, Nyoman SA. 2013. Pascapanen Tanaman Tropika; Buah dan Sayuran. *Modul Kuliah*. Universitas Udayana.
- Utama IMS, Pudja IARP, Kencana PKD, Nada IM. 2017. *Fisiologi dan Teknik Pascaanen Hortikultura*. Denpasar (ID): Unversitas Udayana.

- Varshney K and Naithani S. 2011. Chemical Functionalization of Cellulose Derived from Nonconventional Sources. Dehra (IN): Forest Research Institution.
- Vieira, M.G.A., Da Silva, M.A., Dos Santos, L.O. & Beppu, M.M. (2011). Naturalbased plasticizers and biopolymer films: A review. *Eur. Polym. J.*, 47, 254-263. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2010.12.011>
- Wati PE, Fitir A, Natsir M. 2017. Penggunaan pektin kulit buah kakao sebagai *edible coating* pada kualitas buah tomat dan masa simpan. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 6(2):1-4. <http://dx.doi.org/10.17728/jatp.193>
- Widodo WD, Suketi K, Rahardjo R. 2019. Evaluasi kematangan pascapanen pisang berangan untuk menentukan waktu panen terbaik berdasarkan satuan panas. *Buletin Agrohorti*. 7(2):162-171.
- Wijaya HC, Mulyono N, Afandi FA. 2012. *Bahan Tambahan Pangan: Pengawet*. Bogor: IPB Press.
- Winarno FG. 2002. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Wulandari WT. 2017. Analisis kandungan asam askorbat dalam minuman kemasan yang mengandung vitamin C. *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada*. 17(1):27-30.
- Yuniastri R, Ismawati, Atkhiyah VM, Faqih KA. 2020. Karakteristik kerusakan fisik dan kimia buah tomat. *Journal of Food Technology and Agroindustry*. 2(1):1-8.
- Yunita M, Hendrawan Y, YULianingsih R. 2015. Analisis kuantitatif mikrobiologi pada makanan penerbangan (Aeroffod ACS) Garuda Indonesia berdasarkan TPC (*Total Plate Count*) dengan metode por plate. *Jurnal Keteknik Perikanan Tropis dan Biosistem*. 3(3):23-34.
- Zhou Y, Hua LB, Chen YT, LiaoLin, Li RW, Wang H, Mo Y. 2022. The combined effect of ascorbic acid and chitosan coating on postharvest quality and cell wall metabolism of papaya fruits. *Food Science and Technology*. 171:114-134.